

LUONNONMUKAISEN MAATALOUDEN FOSFORIVIRRAT

Maria Kämäri
Maisterintutkielma
Helsingin yliopisto
Maataloustieteiden laitos
Agroekologia
2014

HELSINGIN YLIOPISTO — HELSINGFORS UNIVERSITET — UNIVERSITY OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos — Institution — Department Maataloustieteiden laitos	
Tekijä — Författare — Author Maria Henriikka Kämäri			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Luonnonmukaisen maatalouden fosforivirrat			
Oppiaine — Läroämne — Subject agroekologia			
Työn laji — Arbetets art — Level Maisterintutkielma		Aika — Datum — Month and year lokakuu / 2014	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 55 s.
<p>Tiivistelmä — Referat — Abstract</p> <p>Tämän tutkielman tavoitteena on arvioida Suomen luonnonmukaisen maatalouden fosforivirtojen volyymeja, lähteitä ja kohteita sekä virtoihin vaikuttavia tekijöitä. Tuloksia peilataan luomumaataloudelle asetettuun 20 % tavoitteeseen Suomen peltopinta-alasta. Tutkielman käytännön tavoitteena on tutkia, onko ravinteiden kierrätys suomalaisessa luomumaataloudessa riittävän kestävällä tasolla sekä löytää tarvittaessa käyttökelpoisia ratkaisuja luonnonmukaisen maatalouden kestävämpään ravinnetalouteen tulevaisuudessa.</p> <p>Tutkielman aineisto on kerätty BERAS -hankkeen puitteissa seitsemältä suomalaiselta ERA -tilalta (<i>ecological recycling agriculture</i> –tuotantotapa, ERA). Haastatteluaineiston, kansallisten tilastojen ja kirjallisuuden avulla havainnoista koottiin luomutiloja edustavat fosforitaseet ja tilojen sijainnin perusteella rajatun alueen luomutuotantoa edustava SFA -malli. Kolmen vaihtoehtoisen skenaarion ja tuloksien avulla muodostettiin arviot suomalaisen luomumaatalouden fosforitaseista ja -virroista vuonna 2020.</p> <p>Eteläsuomalainen luomumaatalous ei vaikuta hyödyntävän peltomaan fosforivarantoja, vaan turvautuu ostolannoitteisiin ja tavanomaiseen maatalouden tuottamiin ravinteisiin kuten lantaan ja teurasjätteistä valmistettuihin liha- ja luujauhoihin. Koska kotieläintiloja ei ole riittävästi suhteessa kasvinviljelytiloihin, luomumaatalouden lannantuotto ei riitä kasvintuotannon tarpeisiin.</p> <p>Fosforitaseeseen ei saada merkittävää parannusta vuoteen 2020 mennessä, ellei luomumaatalous ala hyödyntämään peltomaan fosforivarantoja. Samanaikaisesti tulee tukea muita kierrättäviä fosforivirtoja, joista tällä hetkellä potentiaalisimpia ovat vesistöjen biomassat. Elintarviketeollisuuden, yhdyskuntajätteiden ym. biomassojen suhteen tulee kehittää uudenlaisia toimintamalleja ja -tapoja, sekä punnita käytön ekologisia, sosiaalisia, taloudellisia ja terveydellisiä näkökulmia. Jos myös tavanomainen maatalous hyödyntää orgaanisia lannoitteita vuonna 2020, kuten hallituksen tavoitteissa on asetettu, orgaanisista lannoitevalmisteista kuten lannasta tulee entistä kysyntämpää, mikä voi edelleen heijastua eläintiheyteen, luomukasvien satotasoihin ja tuotannon kannattavuuteen.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords SFA -analyysi, fosforitase, ravinteiden kierrätys, orgaaniset lannoitteet, luomu 20/2020			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Maataloustieteiden laitos ja Viikin kampuskirjasto			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Ohjaajat: Juha Helenius, Pentti Seuri & Jukka Kivelä			

HELSINGIN YLIOPISTO — HELSINGFORS UNIVERSITET — UNIVERSITY OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Laitos — Institution — Department Department of Agricultural Sciences	
Tekijä — Författare — Author Maria Henriikka Kämäri			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Phosphorus flows in Finnish organic agriculture			
Oppiaine — Läroämne — Subject agroecology			
Työn laji — Arbetets art — Level Master's thesis	Aika — Datum — Month and year October /2014	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 55 p.	
<p>Tiivistelmä — Referat — Abstract</p> <p>The theoretic aim of this study is to evaluate phosphorus flows in Finnish organic agriculture and based on the result to assume what would be the consequences if 20 % of the arable land were cultivated organic, as the Finnish government has placed for the year 2020. The more practical aim is to emphasize the ways to achieve sustainable phosphorus balances and flows.</p> <p>Seven farmers were interviewed all related to the BERAS project. Based on the interviews, national statistics and literature a SFA -model was build to demonstrate the phosphorus flows in organic agriculture. Phosphorus balances calculated for the ERA -farms and for the whole organic system were used in three scenarios attempting to evaluate the phosphorus flows and demand for recovery in the future.</p> <p>Results suggest that farmers use fertilizers in compensating the lacking phosphorus instead of relying on the potentially substantial phosphorus stocks found in the Finnish soil. When importing organic fertilizer into the organic agriculture the dependence on conventional agriculture is inevitable. Since there are too many organic plant production farms in relation to organic domestic farms, the amount of manure produced in organic agriculture is not sufficient enough for the primary production.</p> <p>According to the scenarios phosphorus balances will stay positive for year 2020 unless organic agriculture will not start managing the soil phosphorus stock. Other phosphorus recovery actions should also be implemented. The most potential recovery measure is the collecting of the biomasses found in natural water systems such as harvesting the reed. More information is needed in evaluating the economical, ecological and sanitary aspects of using municipal wastes and food industry wastes in recovering nutrients. If conventional agriculture is directed to use only organic fertilizers instead of chemical ones the grown demand for organic fertilizers will most likely affect the animal density, yields and the profitability of the organic farming.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords SFA, phosphorus balance, nutrient recovery, recycling, organic fertilizers,			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Department of Agricultural Sciences and Viikki Campus Library			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Supervisors: Juha Helenius, Pentti Seuri & Jukka Kivelä			

SISÄLLYS

LYHENTEET JA SYMBOLIT	6
1 JOHDANTO	7
1.1 Suomesta ravinteiden kierrätyksen mallimaa	8
2 RAVINTEIDEN KIERRÄTYKSEN HISTORIAA	9
2.1 Kaupungistuminen ja kierrätys 1800-luvulla	9
2.2 Kierrätyksen epäonnistuminen 1900-luvulla	11
2.3 Maatalouden teollistuminen ja fosforin käyttö	12
3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET	13
4 AINEISTO JA MENETELMÄT	14
4.1 Maatiloilla suoritetut haastattelut	14
4.2 Kansalliset maataloustilastot	16
4.3 SFA /Substance flow analysis.....	16
4.3.1 Tuotantopanokset	18
4.3.2 Tuotanto	19
4.3.3 Myynti ja systeemistä poistuva ravinnevirta	19
4.3.4 Peltomaan ravinteet	20
4.4 Ravinnetaseet	21
4.4.1 Porttitase	21
4.4.2 Peltotase	21
4.4.3 Primääriravinnesuhde	22
4.5 Aineiston käsittely	23
4.5.1 Fosforipitoisuudet.....	23
4.5.2. Aineiston tilastollinen käsittely	23
4.5.3 Epävarmuustasot.....	24
4.6. Skenaariot	25
4.6.1 Skenaario 20/20	26
4.6.2 Skenaario ERA.....	27
4.6.3 Skenaario ”BAU”	29
5 TULOKSET	30
5.1 ERA -tilojen fosforitaseet	30
5.2 Luomutuotannon fosforivirrat vuosina 2010-2012.....	32
5.3. Näkymät luomutuotannon fosforivirroista vuonna 2020.....	35
5.3.1 Skenaario 20/20	35
5.3.2 Skenaario ERA.....	36
5.3.3 Skenaario BAU	38
5.4 Tulosten ja muuttujien väliset tilastolliset korrelaatiot	39
6 TULOSTEN TARKASTELU.....	41
6.1. ERA-tilojen fosforitalous.....	41
6.2. Luomutuotannon fosforivirrat ja kierrätystehokkuus vuosina 2010–2012.....	44
6.2.1 Tuloksiin mahdollisesti vaikuttaneet tekijät.....	47
6.3. Järkevä luomufosforitalous vuonna 2020	48
6.3.1 Skenaario 20/20	48
6.3.2 Skenaario ERA.....	49

6.3.3 Skenaario BAU	50
6.4 Fosforin kierrätyksen tehostaminen ja potentiaaliset fosforia maatalouteen palauttavat ravinnevirrat	50
6.4.1. Ravinnetaseet	51
6.4.2 Lannan prosessointi tilatasolla	51
6.4.3 Vesistöjen biomassat.....	52
6.4.4 Erilaiset maatalouden ja yhteiskunnan biomassat.....	52
7 JOHTOPÄÄTÖKSET	53
LÄHTEET	56
LIITTEET	64
Liite 1. Eteläisen Luomu-Suomen sadon sisältämä kokonaisfosfori ja ääriarvot	64
Liite 2. Eteläisen Luomu-Suomen karjan lannan sisältämä kokonaisfosfori ja ääriarvot	65
Liite 3. ERA -tiloilta kerätyn aineiston perusteella luodut summaestimaatit ostojen ja myyntien sisältämistä fosforimääristä	66
Liite 4. Eteläisen Luomu-Suomen sadon ja alkuvaraston käyttö.....	67
Liite 5A. ERA -tilojen fosforitaseet hehtaaria kohden tuotantosunnittain.....	68
Liite 5B. ERA -tilojen fosforitase keskimäärin	69
Liite 6A. Skenaarion 20/20 laskelmat.....	70
Liite 6B. Skenaarion ERA laskelmat	70
Liite 6C. Skenaarion BAU laskelmat	71

LYHENTEET JA SYMBOLIT

BERAS	Baltic Ecological Recycling Agriculture and Society
ERA -tila	Ecological Recycling Agriculture eli ravinteita kierrättävä maatila
kg P	fosforikilo
EFMA	European Fertilizer Manufacturers Association
Mavi	Maaseutuvirasto
MMM	Maa- ja metsätalousministeriö
HELCOM	Itämeren suojelukomissio, Helsinki Commission
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
IFA	International Fertilizer Industry Association
ey/ha	eläintihys, eläinyksikköä hehtaaria kohden

I JOHDANTO

Luonnonmukaisessa maataloudessa ravinteiden kierrätys on tuotannon edellytys, sillä luonnonmukainen tuotanto perustuu tuotantosysteemissä jo olemassa oleviin ravinteisiin, kuten mm. lantaan ja biologisesti sidottuun tyypeen. Systeemistä kuitenkin sekä viedään ulos ravinteita mm. maataloustuotteiden muodossa että menetetään ravinteita hävikkeinä: menetettyjä ravinteita tulee korvata. Menetetyn tyypen korvaus on melko ongelmallista, koska palkokasvien avulla tyyden kierto on saadaan lisättyä ilmakehän tyyppiä palkokasvien avulla. Fosforin lisääminen ja kierrätys on luonnonmukaisen tuotannon tiloilla heikompi kuin tyyden. Tästä syystä ennen kaikkea fosforin puutetta korvataan luomumaatiloilla ostamalla rehuja ja lannoitteita.

Lannoitteita on käytetty Suomessa 1990-luvulle asti yli kasvien tarpeen. 1960-luvulla suomalaisten peltomaiden fosforiylijäämä oli noin 15 kg P /ha, 1970- ja 1980 -luvulla ylijäämä oli jopa 25 kg P/ha. Vasta 1990 -luvulla ylijäämä putosi noin kymmeneen fosforikiloon (Saarela 2002). Ylijäämien ja niiden pienentymisen taustalla on yleisten lannoitus suositusten kehitys. Kun 1960-luvulla viljelijöitä neuvottiin lisäämään fosforia peltoon vuosittain 30–60 kg hehtaarille (Uusitalo ym. 2007 ref. Salonen 1966), ympäristötukikaudella 2007–2013 fosforinlisäys tehtiin riippuvaksi peltolohkon viljavuusluokasta ja viljeltävästä kasvilajista ja satotasosta. Jos fosforia lisätään jonakin vuonna liikaa, viljelijä on velvoitettu vähentämään lannoitusta niin, että ylimääräinen lisäys mitätöityy viimeistään viiden vuoden sisällä (Mavi 2014).

Tuhlailevan käytön seuraukset näkyvät niin vesistöissä kuin peltomaissa. Ylijäämäinen fosfori on varastoitunut peltomaihin, eikä nykyinen maataloustuotanto merkittävästi kärsi fosforin puutteesta (Salo 2009). Vesistöihin päätyessään fosfori voi kuitenkin aiheuttaa rehevöitymistä, jos sen pitoisuus ylittää kasvua rajoittavan ravinteen raja-arvon, ns. kriittisen kuorman. Maatalouden ja ihmisen aiheuttamat fosforivalunnat vesistöihin ovat mittavat. Ilman ihmisen toimintaa vesien fosforipitoisuuksien on arveltu olevan vain 5–10 % nykyisestä tasosta (EFMA 2000). Vuosia jatkuneen ravinnekuormituksen takia Itämeren eliöstön luonnollinen ravintoverkko on muuttunut, mikä on edelleen vaikuttanut Itämeren lajistoon ja populaatioiden välisiin vuorovaikutussuhteisiin. Noin 40 % kaikista Itämereen vesiteitse päätyneistä ravinteista on peräisin maataloudesta (HELCOM 2010).

Lannoitteiden käyttö on vähentynyt ja Suomen peltomaiden fosforitaseet ovat olleet viimeiset viisi vuotta lähes koko Suomessa negatiiviset tai lievästi positiiviset (Salo & Lemola 2010). Vaikka lannoitteiden käyttö on kääntynyt 1990-luvulta maltilliseksi, fosfori on uusiutumaton ja ehtyvä luonnonvara, maataloudelle ehdottoman tärkeä pääraavinne, jonka riittävyys tuleville sukupolville on uhattuna. Jos fosforin käyttö jatkuu entisellään, on nähtävissä seurauksena fosforipiikki, joka ajoittuu jo 2030 -luvulle (Cordell ym. 2009). Fosforipiikin jälkeen fosforivarannot ehtyvät kiihtyen. Tästä johtuen on syytä pikaisesti asettaa niin globaaleja kuin paikallisia tavoitteita fosforin kestävän käytön suhteen.

1.1 Suomesta ravinteiden kierrätyksen mallimaa

Suomen hallitus on vuonna 2010 sitoutunut tekemään Suomesta ravinteiden kierrätyksen mallimaan. Kierrätyksen keinoja ovat mm. elintarvike- ja rehuteollisuuden sivuvirrat, yhdyskuntajätteet, vesistöistä kerätyt ravinteet sekä orgaanisten lannoitteiden järjestelmällinen varastointi-, kuljetus- ja käsittelyverkosto (MMM 2011). Kierrätyksen tehostamiseen pyritään hallinnollisilla ohjauksilla, hankkeilla, tukitoimenpiteillä ja neuvonnalla. Maa- ja metsätalousministeriön sekä ympäristöministeriön perustama työryhmä (MMM 2011) haluaa vuoteen 2020 mennessä ulottaa orgaanisten lannoitteiden käytön koko maataloussektorille, jolloin epäorgaanista fosforia käytettäisiin vain, jos kierrätysfosforia ei ole saatavilla. Nykyinen lainsäädäntö rajoittaa epäorgaanisten lannoitteiden käyttöä vain luomumaataloudessa. Luomutiloilla tuotanto perustuukin yleisesti kierrätysravinteisiin, tyypillisimmin lantaan ja viherlannoitukseen. Täydennyslannoitteita voidaan käyttää mikäli luomutilan viljelykierto, viherlannoitus ja lanta ei riitä odotetun sadon tarpeisiin. Sallittujen täydennyslannoitteiden listalla on lannan, kompostien, teollisuuden sivutuotteiden ym. muiden orgaanisten lannoitteiden lisäksi pehmeä, jauhettu raakafosfaatti ja alumiinipitoinen kalsiumfosfaatti (Evira 2013 b).

Koska luomumaataloutta pidetään yleisesti ravinteita kierrättävänä, ravinnevirtoja hyvin hallinnoivana ja paikallisia resursseja hyödyntävä tuotantomuotona, luonnonmukainen maatalous nähdään yhtenä kestävän fosforin käytön ratkaisuna Suomessa (Antikainen ym. 2005). Maatalouden teollistuminen heijastuu kuitenkin myös luomumaatalouteen ja luomutilojen fosforitaseeseen. Koska tiloilla tarvittavat rehut ym. maatalouden hyödykkeet kulkevat alueilta toisille, luonnonmukaisen tuotannon ja kulutuksen integraatio ei toteudu paikallisella tasolla, jolloin myös ravinteiden kierrätys epäonnistuu (Schröder 2011).

Luonnonmukaiseen maatalouteen kohdistuu mittavia ravinnevirtoja myös tavanomaisesta maataloudesta (Nowak ym. 2013 a). Suomalainen luomumaatalous hyödyntää tavanomaisen tuotannon karjan lantaa (Koikkalainen ym. 2011) sekä orgaanisia eläinperäisiä lannoitteita (liha- ja luujauhot ym.), joiden raaka-aineena on käytetty niin luomueläimien kuin tavanomaisten eläimien ruhoja ja teurasjätteitä. Tuotannon erikoistuminen näkyy myös luomumaataloudessa tilojen kasvavana riippuvaisuutena ulkopuolisista ravinnevirroista sekä ravinnevirtojen yksisuuntaisena virtana kasvintuotannosta kotieläintuotantoon (Nowak ym. 2013 b).

Lisäksi kierrätyksen onnistuminen luomumaataloudessa edellyttää luomupeltoalan laajentumista (Antikainen ym. 2005, Schröder ym. 2011). Koska tutkimukset osoittavat suomalaisten luomutilojen peltotaseet negatiivisiksi (Kaasinen 2011), oletetaan luonnonmukaisen maatalouden yleistymisen Suomessa ehdyttävän peltomaiden varastofosforia ja asettavan tarpeita fosforilannoitteiden lisäykselle.

2 RAVINTEIDEN KIERRÄTYKSEN HISTORIAA

2.1 Kaupungistuminen ja kierrätys 1800-luvulla

1800-luvun alussa peltomaiden varastofosforin määrät olivat hyvin vähäiset. Lannoitus oli ollut sattumanvaraista, koska ulosteita ja lantaa ei juurikaan kerätty talteen. Fosforia päätyi peltomaahan vain kallioiden ja kiviaineksen eroosion myötä (EFMA 2000). Euroopassa soilta, kosteikoilta ja niityiltä kerättiin orgaanista maa-ainesta, joka levitettiin pelloille (Kirchmann ym. 2008). Vasta 1800-luvun alussa yleistyneen lannoittamisen myötä fosforia alkoi kertyä peltomaihin, mihin asti se oli ollut tuotantoa rajoittava tekijä (EFMA 2000).

Englantilaisen tutkijan ja kemistin Justus Liebigin mineraaliteoria vuonna 1840 muutti vallalla ollutta humusteorian käsitettä, jossa humuksen aikaansaama elinvoimaa kuvailtiin lähes filosofisesti alkuvoimaksi ja elävää ja kuollutta ainesta uudelleen järjestäväksi voimaksi (Rusch) (Manlay ym. 2007). Käsitettiin että materian kierrätys toteutuu vain kasvien ja eläinten välillä (Mårald 2002).

Lannoitteiden raaka-aineena suositettiin vielä 1840-luvulla guanoa, eli merilintujen ulostetta (Mårald 1998), mutta varannot olivat jo loppuillaan (Stewart ym. 2005). 1800-luvun puolivälissä lannoiteteollisuus ja lannoitekauppa yleistyi. Lannoitteiden raaka-aineena

käytettiin yhdyskuntajätettä, teollisuuden sivutuotteita, lantaa, kalaa, tuhkaa ja teurasjätteitä (Mårald 1998). Liebigin teoria selitti mineraalien lannoitusvaikutusta ja tuki täten maatalouden modernisaatiota ja kemiallisten lannoitteiden kehitystä ja yleistymistä (Manlay ym. 2007, Smil 2000).

Liebig kuitenkin ymmärsi ravinteiden kiertokulun luonnetta ja käsitteli artikkeleissaan 1860-luvulla Lontoon yhdyskuntajätteiden – tarkemmin ulosteiden ja virtsan – lannoituspotentiaalia. Euroopassa yhdyskuntajäte nähtiin epäjärjestyksen synonyymina, kun taas puhtaus vastasi järjestystä. Näkökulmasta riippuen ajattelu tuki tai ei tukenut Liebigin esittelemää kierrätyksen aatetta. Iso-Britannian terveystoimikomiteat, uudistajat ja tutkijat kuitenkin luottivat oletukseensa, jossa saastan poistaminen kaupungista parantaa ihmisten hyvinvointia ja vähentää tarttuvia tauteja sekä rikollisuutta, haureutta ja köyhyyttä. Tässä ns. kemiallis-teologisessa ajattelussa kaiken pahan ajateltiin kumpuavan ”ympäristön ongelmista” (Mårald 2002). Ajattelu tuki viemärijärjestelmän talteen keräämistä ja sen ajamista takaisin maaseudulle ja lannoiteteollisuuteen.

Väestö muutti kuitenkin enenevässä määrin maalta kaupunkeihin, eivätkä ravinteet enää palautuneet ruuantuotannon alueille vaan valuivat moderneista ja yleistyneistä vesikäymälöistä vesistöihin (Mårald 2002, Cordell ym 2009). Liebigin ideaalisen ravinteiden kierrätyksen sijaan Iso-Britanniaan maatalous perustui tuontilannoitteisiin. Liebig nimitti ilmiötä ryöstösystemiksi. Vastaava ilmiö oli hänen mukaan toteutunut myös Roomassa ja johtanut antiikin imperiumin tuhoon. Liebig halusi palauttaa kierron ruuan tuotantoalueen ja ruoan kulutusalueen eli kaupungin ja maaseudun välille (Mårald 2002).

Myös saksalainen maatalouden tutkija Alexander Müller yritti lisätä yhdyskuntajätteiden hyödyntämistä maataloudessa avatessaan vuonna 1885 julkaistussa teoksessaan (*Die Werwerthung der Städtischen Fäcalien*) jätteen ja saastan käsitteellistä eroa. Ajalle tyypillinen Aasian kulttuurien ihannoiti heijastui myös maatalouden tutkimukseen. Tutkijat ihannoivat Itä-Aasian tuotantomuotoa, jossa uskonnot rajoittavat ihmisten ruokavalioita ja lihansyöntiä, ja jossa täten ravinteet eivät kierrä kotieläinten kautta peltoon vaan yhdyskunnan tuottamat ravinteet hyödynnettiin suoraan peltojen lannoituksessa (Mårald 2002). Juuri yhteiskunnan tuottamien ravinteiden avulla kiinalainen maatalous oli tuottoisaa, mikä edelleen tuki kiinalaisen sivilisaation kasvua (EFMA 2000).

Vaikka Müller ja muut tutkijat ymmärsivät materian kierrätyksellistä potentiaalia ja yhteiskunta tuki ravinteiden kierrätystä, mineraalilannoitteiden kehittäminen yleistyi ja maatalouden kaupallistuminen eteni vauhdikkaasti.

2.2 Kierrätyksen epäonnistuminen 1900-luvulla

1800-luvun lopulla maataloudessa alettiin hyödyntää fosfaattikiveä, joka nähtiin tuolloin ehtymättömänä luonnonvarana (Cordell ym. 2009). Koska lama ja maailmansodat rajoittivat uusien mineraalilannoitteiden kehittelyä, mineraalilannoitteiden osuus maatalouden lannoitteista oli vielä 1940-luvulle asti kuitenkin vain 15 % (Manlay ym. 2007).

Vaikka 1900-luvun alussa suurimpiin kaupunkeihin rakennetut viemäriverkostot keräsivät talteen yhteiskunnan tuottamia kallisarvoisia lannoitepanoksia, viemärijätteet laskettiin edelleen vesistöihin (Smil 2000). Viimeistään lisääntynyt ymmärrys mikrobiologiasta lisäsi yhdyskuntajätteen mieltämistä saastana ja moderni yhteiskuntaan sekä luontoon sopimattomana. Laman ja sotien jälkeen tutkijat keskittyivät kehittämään mineraalilannoitteita ja kiinnostus kierrätysravinteita kohtaan sammui (Mårald 2002). Eurooppalainen yhteiskunta ja sen ajattelu muuttui, eikä kemiallis-teologinen ajattelu enää sopinut vallalla olevaan luontokäsitykseen. 1950-luvulla mineraalilannoitteiden käyttö yleistyi ja lisääntyi (IFA 2014), eikä yhteiskunnan tuottamaa jätettä enää haluttu hyödyntää maatalouden lannoitteena.

Suomessa maataloudessa tapahtui EU-jäsenyyden myötä vauhdittunut rakennemuutos, jossa yhdistelmätilojen osuus erityisesti eteläisillä alueilla jyrkästi laski, ja vastaavasti erikoistuneiden kasvinviljelytilojen osuus kasvoi (Myyrä 2005). Lannasta tuli kotieläintilojen resurssi, lopulta niiden jäteongelma. Kasvinviljelytilat puolestaan kompensoivat lannan puutetta ostolannoitteilla ja kasvoivat irti koko lannan hyötykäytön ideasta. Maataloustuotanto erikoistui myös alueellisesti, jolloin lantaa kerääntyy ylimäärin esim. turkistalouden alueelle Pohjanmaalle ym. kotieläintuotantoon erikoistuneille alueille Itä- ja Pohjois-Suomessa (Salo 2009).

Kaupungistuminen ja tehon ravinteiden kierrätys näkyvät myös Suomessa 1990-luvun lopulla tehdyssä tutkimuksessa (Antikainen ym. 2005). Tuolloin vain 22 % kaikesta viemäreihin kertyneestä jätevedestä on peräisin maaseudulta. Viemärijätteen sisältämistä ravinteista pieni osa, noin 875 fosforitonnia hyödynnettiin maataloudessa, kun kaiken

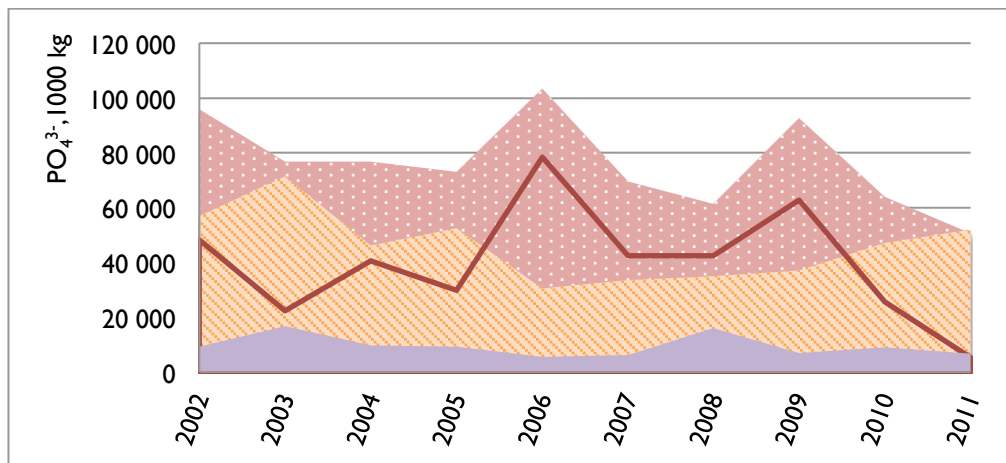
kaikkiaan maatalouden lannoitteet sisälsivät vuosittain noin 29 500 tonnia fosforia, josta 15 900 tonnia on lannassa.

2.3. Maatalouden teollistuminen ja fosforin käyttö

Kun vuonna 1930 Euroopan suurimmissa maatalousmaissa keskimääräinen typen ja fosforin suhde peltoon lisätyissä lannoitteissa oli 0,67:1, vuonna 1990 suhde oli 3,05:1 (EFMA 2000) eli tyydestä on hiljalleen tullut kasvua rajoittava tekijä. 1970-luvulle asti kiihtynyt lannoitteiden käyttö on nostanut peltojen varastofosforin pitoisuuksia. Teollisuusvaltioiden peltomaiden fosforivarannot ovat suhteellisen korkeat, eikä nykyinen maataloustuotanto vaadi mittavia fosforilisäyksiä tuottaakseen kohtuullisen sadon (EFMA 2000).

Suomalaisessa maataloudessa peltomaihin lannoituksessa lisätyn fosforin määrä on ollut vielä 1990-luvulle asti suurempi kuin sadossa korjatun fosforin määrä (Antikainen ym. 2005, Saarela 2002). Lannoitus ja fosforilisäykset ovat kuitenkin laskeneet EU:n ympäristötukitoimenpiteiden myötä, ja joillain alueilla fosforitaseet ovat negatiivisia eli sadossa korjataan enemmän ravinteita kuin peltoon on lannoituksessa lisätty (Salo & Lemola 2010). Kun vuonna 2001 Suomen peltotaseen keskiarvo oli vielä + 9 kg P /ha, vuonna 2009 ylijäämä oli vain + 2 kg P /ha (Eurostat 2014). Fosforilannoitteiden tuhlaileva käyttö on siis loppunut ja viljelijöiden viljelytoimenpiteet tarkentuneet – ympäristötuen ehtojen ja fosforin hintakehityksen myötä.

Vuonna 2008 fosfaattikiven markkinahinta lähes viisinkertaistui globaalin ruokakriisin yhteydessä (World Bank 2014). Vaikka hinta laski jo seuraavana vuonna, on se pysynyt vuotta 2007 korkeammalla tasolla. Hinnan nousu heijastuu kotimaisten fosfaattilannoitteiden vientiin, joka on ollut kasvava vuodesta 2006 asti, mutta lisääntynyt entisestään vuonna 2009. Samana vuonna fosfaattilannoitteiden kulutus Suomessa lähti laskuun. Fosforista on tullut kallis maatalouden panos, mikä tekee sen kierrättämisestä taloudellisesti houkuttelevaa. Vaikka Suomessa tuotetaan fosfaattilannoitteita, lannoitteiden vienti on ollut menneellä vuosikymmenellä suurempaa kuin kotimainen kulutus (Kuva 1). Vuosien 2002–2011 aikana Suomen fosfaattilannoitteiden tuotannosta 60 % on myyty Suomen rajojen ulkopuolelle (FAO 2014).



Kuva 1. Fosfaattilannoitteiden tuotanto (■), kulutus (—), vienti (▨) ja tuonti (■) Suomessa. Lähde: FAOSTAT 2014.

Vaikka fosforin käyttö maataloudessa on järkeistynyt, fosforia on vuotanut ja vuotaa edelleen ympäristöön – varsinkin Etelä-Suomessa heppoliukoisen fosforin pitoisuudet eivät ole juurikaan pienentyneet ympäristötukikausien aikana (Rankinen ym. 2010, Ekholm 2010). Osasyynä korkeiden arvojen taustalla ovat Uudenmaan ja Varsinais-Suomen saviset peltomaat, joiden fosforin puskurikyky on erilainen verrattuna muihin maalajeihin (Ylivainio ym. 2014). Kun heppoliukoisen fosforin pitoisuudet ovat korkeat, varsinkin savimailla, voi maataloudesta huuhtoutua ympäristöön fosforia. Maa-aineksen mukana karkaava fosfori poistuu maataloudesta yleisimmin eroosion myötä (Yli-Halla ym. 1995). Vesistöön karkaava fosfori on ympäristöriski, mutta myös taloudellinen menetys viljelijälle. Huonosti kiertävät fosforivirrat aiheuttavat merkittäviä ympäristöhaittoja vesistöille, mutta myös lannoitteiden tuotanto aiheuttaa hiilipäästöjä, radioaktiivisia sivutuotteita ja raskasmetallisaastetta. Lisäksi lannoiteteollisuus käyttää fosforia yli tarpeen. Globaalissa mittakaavassa fosforia louhitaan viisinkertaisesti enemmän kuin väestö ruokavalioissaan kuluttaa (Cordell ym. 2009).

3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

Typen ja fosforin virtoja on Suomessa tutkittu kansallisella ja kaikki yhteiskunnan sektorit kattavalla tasolla, mutta luonnonmukaisen maatalouden fosforivirrat sekä niiden kierrätyspotentiaalit ovat epäselvät. Vielä 1990-luvun lopussa fosforin kierrätys oli heikkoa, ja suomalaisen maatalouden peltotase oli noin + 13 kg P /ha (Antikainen ym. 2005). Louhittujen fosfaattilannoitteiden käyttö on kuitenkin vähentynyt 2000-luvulla (Kuva 1). Käytön väheneminen näkyy myös peltotaseissa, jotka ovat kääntyneet positiivisista jopa

negatiivisiksi (Salo & Lemola 2010). Antikainen ym. (2005) ovat arvioineet luonnonmukaisen maatalouden olevan yksi mahdollisuus fosforin onnistuneeseen kierrätykseen Suomessa. Kierrätys edellyttää kuitenkin laajempaa luomupeltopinta-alaa, koska luomusadot ovat tavanomaisia satoja alhaisemmat, ja koska riittävä typen sidonta edellyttää laajaa nurmialaa (Schröder 2011).

Tämän tutkielman tavoitteena on kuvata Suomen luonnonmukaisen maatalouden fosforivirrat sekä arvioida niiden volyymeja ja näitä määrääviä tekijöitä. Tuloksia peilataan laajennettuun luomumaatalouden peltopinta-alaan. Peltoalan laskennalliseksi lähtökohdaksi on valittu maa- ja metsätalousministeriön asettama vuoden 2020 tavoitetilanne, jossa 20% Suomen peltopinta-alasta olisi luonnonmukaisesti tuotettua (MMM 2012). Tutkielman aineisto on kerätty eteläisestä Suomesta, joten tutkielma mallintaa eteläisen Suomen luomumaatalouden fosforivirtoja, mutta pyrkii luomaan käsityksen koko Suomen maatalouden fosforitalouden kehityksestä sekä selvittämään mitä haasteita toivottu kehitys asettaa Suomen luonnonmukaiselle maataloudelle ja sen fosforitaloudelle.

Tutkielman käytännön tavoitteena on tutkia, onko ravinteiden kierrätys suomalaisessa luomumaataloudessa riittävän kestävällä tasolla, missä määrin luomumaatalous tukeutuu tilojen ulkopuolisiin ravinnevirtoihin sekä löytää tarvittaessa käyttökelpoisia ratkaisuja luonnonmukaisen maatalouden kestävämpään ravinnetalouteen tulevaisuudessa. Luomumaatalouden fosforin kierrätyksen toimivuutta arvioidaan ekologisen kestävyysnäkökulmasta, eikä tutkielma niinkään huomioi fosforin kierrätyksen taloudellista potentiaalia eikä sen teknologisia mahdollisuuksia tai esteitä.

4 AINEISTO JA MENETELMÄT

4.1 Maatiloilla suoritettut haastattelut

Tutkielman aineistoa kerättiin seitsemältä eteläsuomalaiselta luomumaatilalta. Tilat edustavat eri tuotantosuuntia; kasvinviljely (1 maatila), porsastuotanto (1), emolehmätuotanto (3), kanamunantuotanto (1) ja maidontuotanto (1). Tilat sijaitsevat Uudenmaan, Hämeen ja Varsinais-Suomen alueilla (Kuva 2). Tutkielmaan valittujen tilojen sijaintien perusteella tutkittavaksi alueeksi rajattiin Uudenmaan, Hämeen ja Varsinais-Suomen ELY -keskusalueiden muodostama alue.



Kuva 2. Aineistoon kuuluvien ERA -tilojen sijainnit ja tutkittavan alueen raja (Uusimaa, Häme ja Varsinais-Suomi).

Tilat ovat olleet mukana BERAS -hankkeessa (*Baltic Ecological Recycling Agriculture and Society*) ja saaneet täten ERA -tilan statuksen (*Ecological Recycling Agriculture*). Ekologisesti kierrättävä maatalous on systeemi, jossa tuotanto perustuu paikallisiin ja uusiutuviin resursseihin ja jossa kasvin- ja kotieläintuotannon integraatio toteutuu tilalla tai tilayhteistyön kautta (Grandstedt ym. 2008). Tilat ovat antaneet hankkeelle jo vuosina 2010–2012 tietoja tilansa materiaalivirroista. Vuonna 2013 tiloilla käytiin tekemässä vielä aiempina vuosina kerättyjä tietoja täydentävät haastattelut, joissa huomioitiin erityisesti tämän tutkielman lähtökohdat ja aineiston kannalta olennaiset tilatiedot.

Haastattelukysymykset perustuivat tilan porttitaseeseen eli kuinka paljon tilalle on tullut ja tilalta on lähtenyt maataloustuotteita kuten rehua, lantaa, eläimiä tai maataloustuotteita. Porttitaseiden tietojen lisäksi tiloilta kerättiin myös tietoja tuotetuista sadoista, lannan määrästä ja käytetyistä rehuista. Tiloilta kerättiin myös mahdolliset lanta- ja rehuanalysit, joiden avulla tarkennettiin materiaalivirtojen sisältämää fosforin määrää. Haastattelut toteutettiin tiloilla vapaamuotoisena keskusteluna. Aineiston avulla selvitettiin kuinka paljon fosforia ERA -tiloille ostetaan tai vastaanotetaan rehun ja lannoitteiden muodossa, sekä kuinka paljon fosforia poistuu tiloilta myydyissä tai luovutetuissa tuotteissa.

4.2 Kansalliset maataloustilastot

Kansallisten ja alueellisten maataloustilastojen avulla luotiin kuva muista tutkielman kannalta oleellisista fosforivirroista. Tutkittavalta alueelta selvitettiin kansallisten tilastojen valossa luonnonmukaisten maatilojen määrä ja keskikoko, luonnonmukaisten kotieläinten määrä ja luonnonmukaisen kasvinviljelyalan kasvijakaumat (Evira 2010, 2011, 2012), keskimääräiset sadot (Tike 2011, 2012) ja luomusadon käytön osuudet (Tike 2012, 2013) sekä eläinkohtainen lannan tuotto vuodessa (MMM 2013).

4.3 SFA /Substance flow analysis

SFA -analyysi mallintaa tietyn alkuaineen, kuten fosforin tai typen, tai yhdisteen virtausta systeemissä. Kyseisessä analyysissä ei tarkkailla materiaalin, kuten rehun tai maidon määrää, eikä huomioida materiaaliin liittyvää taloudellista näkökulmaa kuten MFA -analyysissä (*Material Flow Analysis*) usein tehdään (Van der Voet 2002). Sekä MFA- että SFA -analyysin peruseriaate nojautuu yhteiseen lähtökohtaan – Lavoisierin aineen häviämättömyyden lakiin (Lavoisier 1789). SFA -malli olettaa että ainetta ei synny systeemin sisällä, vaan systeemiin saapunut aine virtaa systeemin lävitse erilaisiin kohteisiin. Aineen määrä pysyy muuttumattomana läpi systeemin.

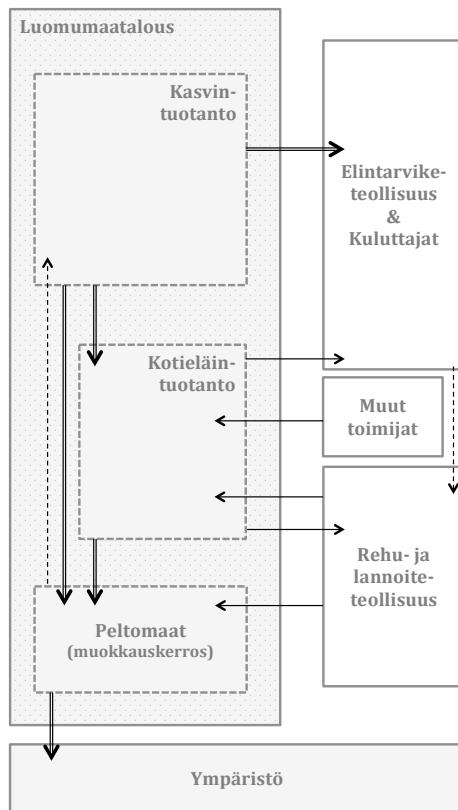
SFA -analyysi tulee toteuttaa tarkoin valittuun ja rajattuun systeemiin: rajauksen tulee määrittää maantieteellinen alue, toiminnan muoto ja aikajakso (van der Voet, 2002, Watson ym. 2002). Tutkielmassa systeemin maantieteelliset rajat määntyivät haastateltavien tilojen sijaintien perusteella. Koska tilat sijoituivat Uudenmaan, Hämeen ja Varsinais-Suomen ELY -keskusalueilla, muodostettiin tutkielman alue kyseisistä keskusalueista (Kuva 2). Systeemin rajauksella voitiin parantaa myös otoksen edustavuutta suhteessa tilojen kokonaismäärään. Tutkittava alue ja sillä tapahtuma luonnonmukainen maatalous luovat systeemin, jota kutsutaan tässä tutkielmassa nimellä Eteläinen Luomu-Suomi.




Systeemin toimijoita ovat luonnonmukaiset maatilat. Otoksena on käytetty ERA -tiloja (n=7), joiden fosforivirtojen keskiarvoja käytetään edustamaan alueen kaikkia luomutiloja (Kuva 3). Vuosilta 2010, 2011 ja 2012 laskettiin tilakohtaiset keskiarvot, joista muodostettiin estimaatti Eteläisen Luomu-Suomen sisältämästä fosforin kokonaismäärästä. Varsinainen SFA -malli muodostettiin näiden kolmen vuoden keskiarvosta. ERA -tilojen aineistot edustavat tutkielman SFA -mallissa systeemin ostettujen tuotantopanosten ja ulos myytävien eläinperäisten tuotteiden ja eläinten sisältämän fosforin määrää, koska kyseisistä

tiedoista ei ole saatavilla kansallista tai alueellista aineistoa Muiden virtojen volyymit määritettiin kansallisten tilaston sekä aiemmin tutkimusten perusteella.

Maatalouden fosforia liikuttava systeemi on osa biofysikaalista todellisuutta. Siksi sen spatiaaliset rajat tulee määrittää sekä horisontaalisesti että vertikaalisesti (Watson ym. 2002). Tässä tutkielmassa horisontaalina rajana ovat peltomaat ja tilojen tuotantorakennukset, vertikaalisena rajana peltomaan muokkauskerros, kuten vastaavissa tutkimuksissa on tehty (Watson ym. 2002) ja koska maanäytteiden ottosyvyys on muokkauskerroksessa (Viljavuuspalvelu 2014 c). Peltomaat ovat tärkeä fosforikierron osasysteemi (*subsystem*, Van der Voet 2002), koska lannoituksessa fosforia lisätään peltoon. Pelto on merkittävä fosforin varasto (Salo 2009), johon sekä sitoutuu että josta vapautuu fosforia (Hartikainen 2002). Tutkielman rajauksessa myös vesistö voitaisiin luokitella osasysteemiksi, sillä, paitsi että fosforia karkaa vesistöihin eroosion ja liukenemisen myötä (Yli-Halla ym. 1995), sitä myös voidaan palauttaa esim. poistokalastuksesta saatavana fosforivirtana (Orjala 2011). Aineiston avulla ei voida kuitenkaan luoda arviota vesistöistä palaavista virroista, joten vesistö luokitellaan systeemin ulkopuoliseksi systeemiksi, johon kohdistuu yksisuuntaisia ravinnevirtoja. Samoin salaojiin päätynyt fosfori sekä peltomaan syvemmissä kerroksissa sijaitsevat fosforin varastot jäävät täten laskelmien ulkopuolelle.

Kaikki luomutiloilla tuotteita valmistavat toimijat, kuten rehu- ja lannoitevalmistajat sekä elintarviketeollisuuden toimijat ovat rajauksen ulkopuolella (Kuva 3), koska SFA -analyysi pyrkii havainnollistamaan Eteläisen Luomu-Suomen maataloille kohdistuvia virtoja ja tiloilta poistuvia virtoja.



Kuva 3. Tutkielman SFA -analyysin rajausta () ja vuorovaikutussuhteet: ERA -tilojen aineistosta muodostetut fosforivirrat (), kansallisista aineistoista laaditut virrat ().

4.3.1 Tuotantopanokset

Tuotantopanokset muodostavat tilalle saapuvan ainevirran. Viljelijöiden antamien tietojen mukaan tilalle saapuneet massat muutettiin kuiva-ainekiloiksi ja kerrottiin fosforipitoisuudella (MTT 2014) (ks. luku 4.4.1) (Liite 3). Fosforimääriä käytettiin tilastollisissa analyyseissä sekä tila- että hehtaariohtaisina suureina. Skenaarioiden laskennassa fosforimääristä laskettiin myös eläinyksikkökohtaiset suuret.

Laskettaessa Eteläisen Luomu-Suomen fosforivirtoja, systeemiin ulkopuolelta tuotuihin tuotantopanoksiin laskettiin ne tuotantoon käytetyt fosforipitoiset materiaalit, jotka tulivat kaupallisilta toimijoilta tai jakelijoilta. Toiselta luomuviljelijältä ostettuja tuotteita ei laskettu ulkopuolisiksi ravinteiksi, koska luonnonmukaiset maatilat ovat osa tutkielman SFA -analyysin rajausta. Täten tuotantopanoksiin sisällytettiin rehutiivisteet ja -puristeet,

kivennäisvalmisteet, ostetut eläimet, ostolannoitteet ja kuivikkeet. Ostosiemenet jätettiin laskelmien ulkopuolelle, koska niiden osuus kaikista ostetuista tuotteista oli marginaalinen, ja tilat käyttivät pääasiassa omaa siementä.

4.3.2 Tuotanto

Eteläisen Luomu-Suomen kasvituotanto laskettiin Tike:n (2011, 2012) satokeskiarvojen ja Eviran (2010, 2011, 2012) tuotantoalatilastojen avulla. Eviran tilastot kattavat tärkeimmät viljakasvit, palkokasvit ja nurmialan. Tilastojen ulkopuolelle jäävän peltopinta-alan arvioitiin olevat vähätuottoista tutkielman kannalta ja koostuvan enimmäkseen luonnonhoitopelloista, riistapelloista, perinnebiotoopeista ja suojavyöhykkeistä. ERA-tilojen viherlannoitusnurmen satotasoja ei voida käyttää koko systeemiä edustavina arvoina, koska kansallisista tilastoista ei saada selville alueen viherlannoitusnurmen pinta-alaa. SFA-mallista jäävät täten puuttumaan viherlannoitusnurmen fosforivirrat, jotka edustaisivat alueen sisäisiä virtoja. Vuodelta 2010 ei ole saatavilla luomusatojen tilastoja, joten keskiarvo muodostettiin vuosien 2011 ja 2012 keskiarvoista (Liite 1).

Sadosta rehuun siirtyvä fosforivirta laskettiin luomutilojen sadon käytön tilastojen avulla (Tike 2012, 2013). Kasvintuotannon sadon fosforimäärästä ja alkuvarastoista vähennettiin siemeneksi päätyvän, tavanomaisena myydyn sadon ja loppuvarastojen prosentuaalisten osuuksien mukaisen fosforimäärät vuosina 2011 ja 2012. Jäljelle jäävä määrä edustaa rehuksi käytettävän fosforin määrää.

Lannan määrä Eteläisessä Luomu-Suomessa laskettiin Eviran (2010, 2011, 2012) tilastojen alueellisten eläinmäärien ja MMM:n (2013) lantalan mitoitusohjeiden sisältämien lannan eläinkohtaisten lannan vuosituotosten mukaisesti. Lannan fosforipitoisuudet määritettiin Viljavuuspalvelun (2014 a) tilastoimista 2006-2009 vuoden lannan ravinnepitoisuuksien keskiarvoista (Liite 2).

4.3.3 Myynti ja systeemistä poistuva ravinnevirta

Myös myydyistä ja luovutetuista maataloustuotteista osa pysyi Eteläisessä Luomu-Suomessa, koska tuotteet myytiin toiselle luomutilalle. Tiloilta myytyjen tuotteiden suunnat jäivät haastatteluaineistosta paikoin epäselviksi, joten SFA -mallissa myydyn fosforin määrä laskettiin alueellisen sadon ja luomusadon käytön tilaston avulla (Tike 2012, 2013). Myös tilakohtaisissa luvuissa viljelijöiden antamia tietoja korvattiin Tiken luomusadon käytön

tilastojen perusteella. Tilastot kertovat kuinka suuri osa sadosta on myyty muille kuin luomuviljelijöille. Tässä tutkielmassa voidaan olettaa, että muille myydyt tuotteet vastaavat systeemistä poistuvia massoja eli elintarviketeollisuuteen tai jatkojalostukseen myytyjä tuotteita. Tiken taulukot kattavat vain yleisimpien viljojen sadon käytön tilastot. Palko-, öljy- ja erikoiskasvien kohdalla käytettiin viljojen tilastollista keskiarvoa tai tilalle siemeneksi jäävän osuuden prosenttilukuja (Liite 4).

Tilalta poistuva lanta laskettiin Eteläisestä Luomu-Suomesta poistuvaksi vain, kun sen tiedettiin menneen jätteenkäsittelyyn tai jalostettavaksi kierrätyslannoitteeksi. Muissa tapauksissa lannan oletettiin siirtyvän toiselle luomumaatilalle. Vain yksi otoksen tiloista myi lantaa lannoitetehtaalte kanalan siivouksen yhteydessä. Tilan havaintoa ei voitu käyttää edustamaan muita alueen luomutiloja, joten Eteläisestä Luomu-Suomesta poistuvan kananlannan määrä laskettiin alueen munivien kanojen määrän mukaan olettaen, että alueen kanan lannasta noin puolet myydään alueen ulkopuolelle. Koska kananlanta on erittäin fosforipitoista, ympäristötuen ehdot rajoittavat muutoinkin sen vuosittaista lisäystä peltoon (Mavi 2014). Täten voidaan olettaa, että kananlantaa myydään tai annetaan ulos tiloilta.

Vaikka kaikki muut tiloilta lähtevät eläimet laskettiin Eteläisen Luomu-Suomen alueelta poistuvaksi, porsastilalta poistuvien porsaiden massaa ei. Tilan porsaas siirtyvät luomusikalaan jatkokasvatukseen ja siirtyvät täten kuluttajalle ja elintarviketeollisuuteen vasta täysikasvuina ja teurastettuina. Muut teurastettavat eläimet, kuten poistetut lypsylehmät, sen sijaan laskettiin Eteläisen Luomu-Suomen alueelta poistuvaksi, kuten myös eläinperäiset tuotteet, jotka siirtyivät suoraan kuluttajalle (kananmunat) tai jatkojalostukseen (maito ja lihajalosteet) (Liite 3).

4.3.4 Peltomaan ravinteet

Peltoviljelystä karkaa ravinteita ympäristöön. Karanneen fosforin määrä on riippuvainen maahan sitoutuneen fosforin määrästä, sääolosuhteista ja erityisesti sateista, koska maapartikkeleiden pinnalle sitoutunut fosfori karkaa pellolta useimmiten eroosion myötä (Yli-Halla ym. 1995). Jokioisilla vuosina 2001–2004 tehdyissä mittauksissa luonnonmukaisen tuotannon kuormittavuus oli 0,98 kg P/ha, josta liuenneen reaktiivisen fosforin osuus oli 0,19 kg /ha (Turtola ym. 2005). Koska Jokioinen sijoittuu tutkittavalle alueelle, käytetään Jokioisilta saatua kokonaisfosforin valumaa tutkielman laskelmissa.

Lannoitteiden sisältämästä fosforista suuri osa sitoutuu kemiallisesti maan hiukkaspinnoille, jolloin vuosien saatossa maan pintakerrokseen on kertynyt käyttämättä jäänyttä fosforia. Varastoitunutta fosforia on maassa useissa eri muodoissa. Kasveille käyttökelpoisesta fosforista suurin osa on maaveteen helposti mobilisoituvaa fosforia (Hartikainen 2002). Maan käyttökelpoisen fosforin määrä arvioitiin Viljavuuspalvelun (2014 b) tilastojen avulla. Tilastoista kerättiin vuosien 2006-2010 väliset keskiarvot ProAgria Uudenmaan, NSL, Farman ja Hämeen alueilta kerättyjen maanäytteiden alueellisen keskiarvon mukaan..

4.4 Ravinnetaseet

SFA –mallinnuksen lisäksi laskettiin fosforille ravinnetaseita. Ravinnetase on väline, jolla vertaillaan maatalousekosysteemiin, kuten tilalle tai tässä tutkielmassa tietylle alueelle tulevien ravinteiden määrää ja systeemistä poistuvien ravinteiden määrää, jolloin saadaan ravinteiden erotus eli tase. Positiivinen tase ilmaisee tuotannon aiheuttaman ympäristöön kohdistuvan kuormituspotentiaalin. Negatiivinen tase ilmaisee maatalousekosysteemin menettävän enemmän ravinteita kuin siihen korvaavina virtoina tulee.

Taselaskelmat tehtiin myös suhteellisina: suhteelliset taseet mahdollistavat erillisten systeemien ravinnevirtojen ja -kiertojen vertailun, koska ne indikoivat ravinteiden käytön tehokkuutta (hyötysuhdetta). Suhteellinen tase saadaan jakamalla systeemistä poistuvien ravinteiden määrä systeemiin lisätyllä ravinnemäärällä. Tutkielman kannalta olennaisimmat ravinnetaseet ovat portti- ja peltotase sekä suhteellinen porttitase ja primääriravannesuhde.

4.4.1 Porttitase

Porttitase perustuu maatilán kaikkiin ravinteita sisältäviin maataloustuotteisiin, jotka kulkevat ”maatilán portin kautta” tilalle tai ulos tilalta. Vähentämällä tilalle tulleista ravinteista tilalta lähteneet ravinteet, saadaan maatilán porttitase. Suhteellisessa porttitaseessa tilalta poistuneiden ravinteiden yhteismäärä jaetaan tilalle saapuneiden ravinteiden määrällä.

4.4.2 Peltotase

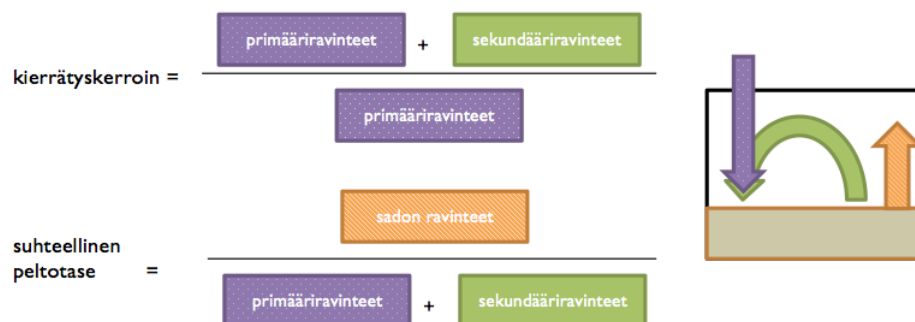
Kun peltoon lisätyistä ravinteista vähennetään sadossa korjatut ravinnemäärät, saadaan peltotase. Peltotaseet vaihtelevat viljelyskasvin, lannoitustason, satotason ja sääolojen

mukaan. Jos pellolta kerätään pois sadon lisäksi muita sivutuotteita, kuten viljan oljet, niiden ravinteet otetaan huomioon peltotaseen laskennassa. Suhteellinen peltotase on pellolta poistuvien ravinteiden määrän suhde pellolle saapuvien ravinteiden määrään.

4.4.3 Primääriravannesuhde

Seurin (2002, 2010) kehittämä primääriravannesuhde ilmaisee kuinka paljon yhtä tilan ulkopuolista ravinneyksikköä kohden tila kykenee tuottamaan ravinteita kasvintuotannossa. Primääriravannesuhde mahdollistaa eri tuotantosuuntia edustavien tilojen vertailun muita mm. porttitasetta paremmin, koska se huomioi tilan sisäiset ravinnevirrat. Primääriravannesuhdetta laskettaessa ravinteet tulee jakaa primääriravinteisiin ja sekundääriravinteisiin (Seuri 2010). Primääriravinteita ovat systeemin ulkopuolelta tulevat ostoravinteet kuten lannoitteet, siemenet, kuivikkeet ja ostorehuista lantaan päätyvät ravinteet. Sekundääriravinteisiin kuuluvat kaikki systeemin sisällä kiertäneet lannoiteravinteet; tärkeimpänä maatilan omasta sadosta muodostuneet karjanlannan ravinteet, mutta myös kasvintuotannosta saatu rehu ja kuivikeolki. Rehun kohdalla ravinnemäärä tulee jakaa karjataseella, koska rehun sisältämistä ravinteista vain osa siirtyy lantaan ja edelleen kasvintuotannon ravinteiksi (Seuri 2002).

Vertailemalla primääriravinteiden, sekundääriravinteiden ja sadon fosforipitoisuuksia, saadaan primääriravannesuhteen elementit: kierrätyskerroin ja suhteellinen peltotase (Kuva 4). Kertomalla nämä kaksi saadaan primääriravannesuhde, joka osoittaa kuinka paljon yhtä primääriravinneyksikköä kohden on saatu kasvintuotannossa tuotettua ravinteita.



Kuva 4. Primääriravannesuhteessa suhteellinen peltotase kerrotaan kierrätyskerroimella.

4.5 Aineiston käsittely

4.5.1 Fosforipitoisuudet

Osasta tiloille saapuneista maataloustuotteista kyettiin määrittämään fosforipitoisuus mm. tilan omien lanta-analyysien tai rehuselosteiden avulla. Tilan omien analyysien puuttuessa fosforipitoisuuden määrittämiseen käytettiin MTT:n tuottamien rehutaulukoiden taulukkoarvoja (2014), Viljavuuspalvelun lantatilastoja (2014 a) tai kirjallisuudesta poimittuja arvoja. Tiloille tulleiden kuivikkeiden arvot perustuvat kirjallisuuteen; kuivikkeita olivat turve (Iivonen 2008 ref. Laiho ym. 1999) sekä kutterin- ja sahanpuru (Alakangas 2000 ref. Hakkila & Kalaja 1983). Kutterin- ja sahanpurun tilavuuskertoimella (Maatilan Pellervo 2002) on laskettu tilalle saapuvan kuivikkeen määrä kilogrammoina.

Eläimiin sitoutunutta fosforia arvioitiin useista eri lähteistä. Kanalaan saapuvien nuorikkojen paino kerrottiin eri kuiva-ainepitoisuudella ja fosforipitoisuudella (0,14 %) (Kadim ym. 2005) kuin kanalasta lähtevien noin 100 viikkoisten kanojen paino (0,18 %) (Webster ym. 1998). Parven kuolleisuusprosentti perustui viljelijän omaan arvioon, joka oli 2 %. Sikojen fosforipitoisuutena käytettiin 0,55 % (Antikainen ym. 2005 ref. Poulsen & Kristensen 1998, Sundelin 2001), nautojen ja lampaiden fosforipitoisuuden kertoimena käytettiin 0,71 % (Antikainen ym. 2005 ref. Belya ym 1978, Sundelin 2001).

4.5.2. Aineiston tilastollinen käsittely

Viideltä tilalta saatiin kerättyä aineistot kolmen vuoden ajalta ja kahdelta tilalta kahden vuoden ajalta. Otoksen kooksi tuli tällöin seitsemän ($n=7$), mutta havaintojen määräksi saatiin 19. Populaationa, johon otanta kohdistui, käytettiin tutkittavan alueen eli Eteläisen Luomu-Suomen luomumaatilojen (ja kotieläintilojen) määrää kunakin vuonna erikseen ($N_{2010}=788(94)$, $N_{2011}=813(105)$, $N_{2012}=865(130)$).

Aineistosta laskettiin tilastollisen analyysin avulla tilakohtaiset fosforimäärien keskiarvot ja keskivirheet ostetuille rehuille, lannoitteille, ostoeläimille, kuivikkeille sekä myydyille maataloustuotteille, poistetuille eläimille ja pois luovutetulle lannalla. Tilakohtaisten keskiarvojen kautta tutkittavalle alueelle laskettiin kokonaissummien estimaatit, jotka kuvastavat koko tutkittavan systeemin fosforivirtojen suuruuksia. Vain lannoitteita laskettaessa populaationa käytettiin kaikkia luomumaatiloja. Muutoin populaationa käytettiin luomukotieläintilojen populaatiota.

SPSS -ohjelman avulla luotiin myös peltopinta-alojen ennusteet skenaarioon BAU (katso luku 4.6) sekä ennuste skenaarion 20/20 lannan fosforimäärästä korrelaatiokertoimen avulla. Lisäksi ohjelmasta tulostettiin kahden muuttujan korrelaatiokerrointaulukko (Pearson), josta ilmeni kaikkien tilakohtaisten tulosten ja tilan pinta-alan, eläinyksiköiden määrän ja eläintiheyden (ey/ha) väliset korrelaatiot (r) ja niiden tilastollinen merkitsevyys (p-arvo).

4.5.3 Epävarmuustasot

Epävarmuustasojen lukuarvoilla luodaan tiedolle luottamusväli (Taulukko 1). Mitä pienempi epävarmuustaso on, sitä pienempi on myös tiedon ns. luottamusväli (Hedbrant & Sörne 2001). Epävarmuustasoja sovellettiin kansallisiin ja alueellisiin tilastoihin. Epävarmuustasot ovat riippuvaisia tiedon lähteestä. Tutkielmaa varten epävarmuustasot asetettiin aikaisempien vastaavanlaisten töiden epävarmuustasojen mukaisiksi (Antikainen ym. 2005, Hedbrant & Söderin 2001, Danius 2002 (Taulukko 1). Viljelijöiltä kerätystä aineistosta muodostettiin tilastollisen analyysin avulla estimaatit, mutta viranomaisten ylläpitämiin tilastotietoihin käytettiin tasojen mukaisia epävarmuuskertoimia.

Taulukko 1. Aineiston epävarmuustasot ja esimerkit.

<i>Epävarmuustaso</i>	<i>Tietolähde</i>	<i>Esimerkki</i>
1 (väli */ 1.1)	Viralliset ja alueelliset tilastot	Maatilojen lukumäärä, emolehmien lukumäärä, tilan keskikoko
2 (väli */ 1.33)	Viranomaisten ylläpitämät tilastot ja antamat tiedot Viranomaisten ylläpitämät tilastot ja antamat tiedot	Rehutaulukoiden P-pitoisuudet Hehtaarikohtaiset sadot

Esimerkiksi alueella tuotetun luomukauran fosforipitoisuus on laskettu seuraavasti:

Vuonna 2012 kauraa viljeltiin tutkittavalla alueella luonnonmukaisesti 4 914 hehtaarilla. Keskimäärin satoa saatiin hehtaaria kohden 1831 kg ka. Fosforin pitoisuus kaurassa on 4 g/kg ka eli 0,004 %. Näiden tietojen valossa alue tuotti 9 001 456 kg ka kauraa, johon on sitoutunut 36 005 kg P:

$$m_{a,b,c} = 4\,914\text{ ha} \times 1831\text{ kg ka/ha} \times 0,004\text{ P \%} = 36\,005,86\text{ kg P}$$

Tähän lukuun sovellettiin epävarmuustasoa, jonka mukainen vaihteluväli laskettiin Hedbrant & Sörnen (2001) mukaan käyttäen funktiossa tietolähteiden epävarmuustasojen faktoreita; $f_a: 1,1$; $f_b: 1,33$; $f_c: 1,33$:

$$f_{a,b,c} = 1 + \sqrt{(f_a - 1)^2 + (f_b - 1)^2 + (f_c - 1)^2}$$

$$f_{a,b,c} = 1 + \sqrt{(1,1 - 1)^2 + (1,33 - 1)^2 + (1,33 - 1)^2} = 1 + \sqrt{(0,1)^2 + (0,33)^2 + (0,33)^2}$$

$$= 1,4773$$

Kerroinfunktion tulosta käytetään aikaisemmin lasketun arvon jakajana sekä kertojana – 36 005 kg P */ 1,4773. Rehuna ostetun kauran fosforipitoisuus on todennäköisesti 24 373 kg P ja 53 191 kg P välillä. Välin keskiarvo on 38 782 kg P.

4.6. Skenaariot

Koska tutkielma arvioi mahdollisia fosforitalouden haasteita luomumaatalouden yleistymisen myötä, luotiin tutkielmassa kolme skenaariota. Skenaarioilla mallinnettiin luomumaatalouden rakenteellista kehitystä kolmella vaihtoehtoisella tavalla. Ensimmäisessä skenaariossa luomumaatalouden pinta-ala laajennettiin tavoiteltuun 20 %, mutta tuotannon rakenteet vastaavat nykyistä rakennetta. Toisessa skenaariossa tuotantorakenne luodaan luomumaatalouden vahvuuksiin pohjautuvaksi, ja luomupinta-ala on 20 % maatalousalasta. Kolmas skenaario edustaa ns. business as usual -mallia, jossa luomutuotantoalan kasvu seuraa nykyisiä trendejä tuotantomuotojen ja pinta-alan kasvun osalta. Skenaarioiden laskelmat mukailevat Koikkalaisen ym. (2011) luomia skenaarioita, joissa luomutuotanto kasvaa vuoteen 2030 mennessä niin, että puolet Suomen peltopinta-alasta on luonnonmukaisen tuotannon piirissä.

4.6.1 Skenaario 20/20

Ensimmäisessä skenaariossa, ”20/20”, koko Suomen luomutuotannon alaa laajennettiin niin, että luonnonmukaisesti tuotettu ala vastaa 20 % koko peltoalasta. 20/20 toteutettiin nykyisen kasvijakauman ja alueellisen luomupeltoalajakauman mukaisesti. Kun vuonna 2013 Suomen luomupinta-ala, 171 776 ha, vastasi noin 8 % Suomen peltopinta-alasta, 20 % osuus olisi 457 120 ha. 20/20-skenaarioon sisältyy täten oletus, jossa Suomen kokonaispeltopinta-ala ei kasva merkittävästi vuoteen 2020 mennessä.

Tutkittavan alueen osuus Suomen luomupeltoalasta on nykyisin 25 %. Koska 20/20-skenaarioiden lähtökohtana on, että maatalouden rakenteet pysyvät samankaltaisina, vuonna 2020, 25 % Suomen ennustetusta luomupeltoalasta (457 120 ha) vastaa 114 280 ha alaa. Tutkittavan alueen luomupeltopinta-alan tulisi kasvaa 13 % vuosivauhtia eli noin 10 000 ha vuodessa (Kuva 5), kun vuonna 2013 ala oli 43 635 ha.

Vuoden 2020 luomupeltoalan kasvijakauma määriteltiin vuoden 2013 kasvijakaumalla ja satona käytettiin Koikkalaisen ym. (2011) määrittelemää satotasoa (Taulukko 2), jossa leipäviljojen, rehuviljojen ja öljykasvien sato on 60 % tavanomaisesta satotasosta, palkoviljojen 70 % ja nurmikasvien 80 %.

Myynnin osuus alueen kokonaissadosta laskettiin vuoden 2012 luomusadon käytön tilastojen (Tike 2013) mukaisesti. Muiden myytävien tai ostettujen tuotteiden määrä laskettiin kertomalla ERA -tilojen aineiston keskiarvoilla. Systemiin laskettiin nykyisen eläintihyden (0,20) mukaan eläinyksiköiden määrä, 20 450 ey. Kertomalla eläinyksiköillä ERA -tilojen eläinyksikkökohtainen fosforimäärä, saatiin ennuste ostorehujen sisältämästä fosforimäärästä. Samalla tavoin laskettiin myytävien eläinperäisten tuotteiden, eläinten ja lannan sisältämät fosforimäärät. Lannoitteiden sisältämä fosfori laskettiin hehtaarikohtaisilla arvoilla, jotta laskelma huomioisi myös kasvintuotantotilat. Alueen lannan fosforimäärä laskettiin tilastollisen korrelaation avulla.

Taulukko 2. Pääkasvien viljelyalat ja kokonaissadot 20/20 –skenaariossa.

	<i>osuus alueen nykyisestä luomupeltoalasta</i>	<i>ha</i>	<i>sato kg ka/ha *</i>	<i>kokonaissato, milj. kg ka</i>
Leipäviljat <i>ruis & vehnä</i>	10 %	11 809	1 700	20,1
Rehuviljat <i>ohra, kaura, viljaseos</i>	20 %	22 738	1 700	38,7
Palkokasvit <i>herne & härkäpapu</i>	4 %	4 877	1 385	6,7
Öljykasvit	1 %	1 171	800	0,9
Nurmikasvit	31 %	35 349	3 165	111,9
Muut <i>mm. tattari, kumina, lhp</i>	23 %	26 308	-	-

* Lähde: Koikkalainen ym. 2011

4.6.2 Skenaario ERA

Skenaariomalli ”ERA” (*ecological recycling agriculture*) perustuu luomutuotannon vahvuuksiin eli optimaaliseen viljelykiertoon ja valkuaisomavaraisuuteen, joten se tavoittaa luomutuotannon maksimaalisen tuotantomäärän. Tässä skenaariossa luomupeltoalan kehitys on sama kuin 20/20-skenaariossa, mutta jakauma on erilainen (Taulukko 3).

Luonnonmukaisen tuotannon optimikierrossa 40 % kokonaisalasta on apilavaltaista nurmikasvustoa. Tämä hieman yli 40 000 ha ala takaa luomumaataloudelle riittävän typpiomavaraisuuden, sekä riittävän laadun ja määrän viljatuotantoa. Koikkalaisen ym. (2011) skenaariosta poiketen viljelykiertoon lisättiin tässä tutkielmassa öljykasvit. Vaikka luomuöljykasvien viljelyn trendi on hiipuva (Evira 2013), kotimaiselle rypsilä ja rapsille on kysyntää, jota paikataan nykyisin ulkomaisella luomurapsipuristeella (Käki 2012). Öljykasvien 5 % osuus kokonaisalasta vähennettiin palkokasvien alasta, koska palkokasveja voidaan viljellä myös rehuviljoihin kuuluvalla seosviljojen alalla. Lisäksi nurmien apilapitoisuus tyydyttää systeemin typen tarvetta. Skenaario on hieman liioitteleva, koska se ei sisällä muita erikoiskasveja. Puutarha-ala on erikseen otettu huomioon ja laskettu osaksi koko luomutuotannon alaa.

ERA-skenaariossa satotasot ovat korkeammat kuin 20/20:ssä koska viljelykierrossa on enemmän palkokasveja, viherlannoitusnurmista on luovuttu ja nurmen ikä on lyhyempi (Koikkalainen ym. 2011, Taulukko 3). Optimiin perustuva luomutuotanto tuottaisi tutkittavalla alueella

Taulukko 3. Pääkasvien viljelyalat ja kokonaissadot ERA-skenaariossa.

	<i>osuus alueen luomupelto- pinta-alasta</i>	<i>ha</i>	<i>sato, kg ka/ ha *</i>	<i>sato, ry/ha **</i>	<i>kokonais- sato, milj. kg ka</i>	<i>kokonais- sato, milj. ry</i>
Leipäviljat ruis & vehnä	20 %	20 450	1900	2300	38,8	47,0
Rehuviljat ohra, kaura, viljaseos	30 %	30 675	2 100	2300	64,4	70,5
Palkokasvit herne & härkäpapu	5 %	5 113	1 750	2000	8,94	10,2
Öljykasvit	5 %	5 113	870	1450**	4,4	7,4
Nurmikasvit	40 %	40 900	4 000	3600	393,8	147,2

* Lähde: Koikkalainen ym. 2011 ** Lähde: MTT rehutaulukot

36 % eli yli 100 miljoona kuiva-ainekiloa enemmän määrällisesti, kuin samalla alalla tapahtuva 20/20-tuotantomalli (Kuva 6).

Skenaariossa on korjattu tilalle ostettavien tuotteiden määrää, koska suurempi kokonaistuotto vähentää rehujen ostotarvetta. Skenaariossa oletettiin että 20 % kasvisadosta myydään kaupallisille toimijoille ja kuluttajille, 80 % jää eläinten rehuksi. Suurin osa leipäviljojen sadosta sekä kymmenyksen osat rehuviljojen, palko- ja öljykasvien sadosta myytäisiin tiloilta ulos. Täten alueen tiloille jää noin 231 milj. rehuyksikköä ja ostorehujen määrä pienenee. Tilojen ei tarvitse enää ostaa tiiviste- tai puolitiivisterehuja, sillä luomutuotanto täyttää alueen luomueläinten rehutarpeen. Kivennäiset ym. kuitenkin säilyvät tilojen ostoslistoilla. ERA -tilat, joilla on liha- tai lypsykarjaa, ostavat yhtä eläinyksikköä kohden keskimäärin 0,67 kg P. Tätä lukua käytetään skenaariossa kivennäistarpeen määrittämisessä.

Alueelle määritettiin eläinmäärä ekologisen eläintiheyden perusteella. Koska skenaario pyrkii omavaraisuuteen, on eläintiheyden oltava alle 0,75 ey/ ha ERA -maatalouden kriteerien mukaan (Grandstedt ym. 2008). Laskelmassa käytettiin eläintiheyttä 0,5 ey/ ha. Tällöin eläinyksiköitä olisi alueella vuonna 2020 hieman yli 50 000. Oletetaan että näistä eläinyksiköistä 10 000 olisi emolehmiä. Kun jokaista emolehmää kohden laskettiin 7000 ry/vuosi, kuluu vuodessa 70 milj. rehuyksikköä. Jäljelle jääneestä rehumäärästä 75 % käytetään maidontuotantoon ja 25 % maitotiloille syntyneiden sonnivasikoiden kasvatukseen (Taulukko 4). Skenaariossa 2 kotieläintuotanto ei tuota kananmunia tai sianlihaa, koska maksimaalinen tuotanto perustuu laajaan nurmialaan ja märehähtäjiin, jotka hyödyntävät nurmirehuja. Skenaario sisältää täten oletuksen, jossa luomutuotanto nojautuu

Taulukko 4. Kotieläintuotannon rehutarpeet ja tuotanto ERA -skenaariossa.

	milj. ry	ry/kg tuotos*	tuotos, milj. kg
Emolehmätuotanto	70	20,0	1,63
Maitotuotanto	173,5	1,1	157,73
Lypsylehmien lihatuotanto			2,08
Maidontuotantoon kelpaamattomien vasikoiden lihatuotanto	57,8	15,0	3,85

* Lähde: Koikkalainen ym. 2011

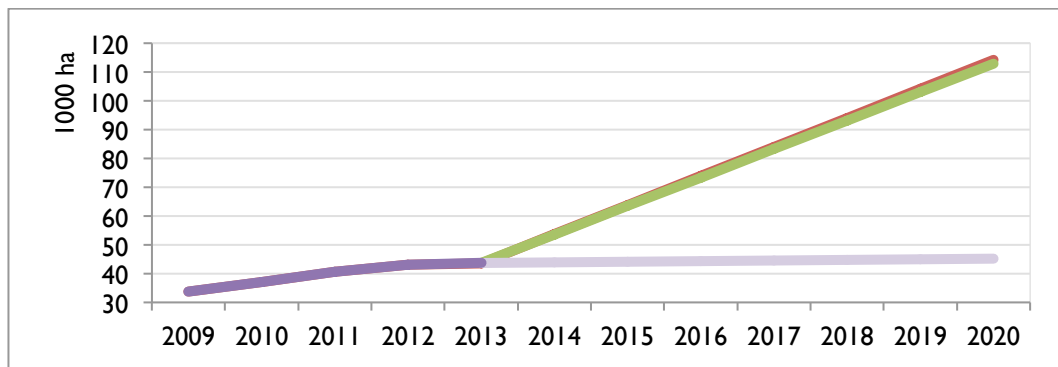
nurmirehuja hyödyntävään kotieläintuotantoon ja yksimahaisten eläinten tuotanto painottuu tavanomaisen maatalouden tuotantomalliin.

4.6.3 Skenaario ”BAU”

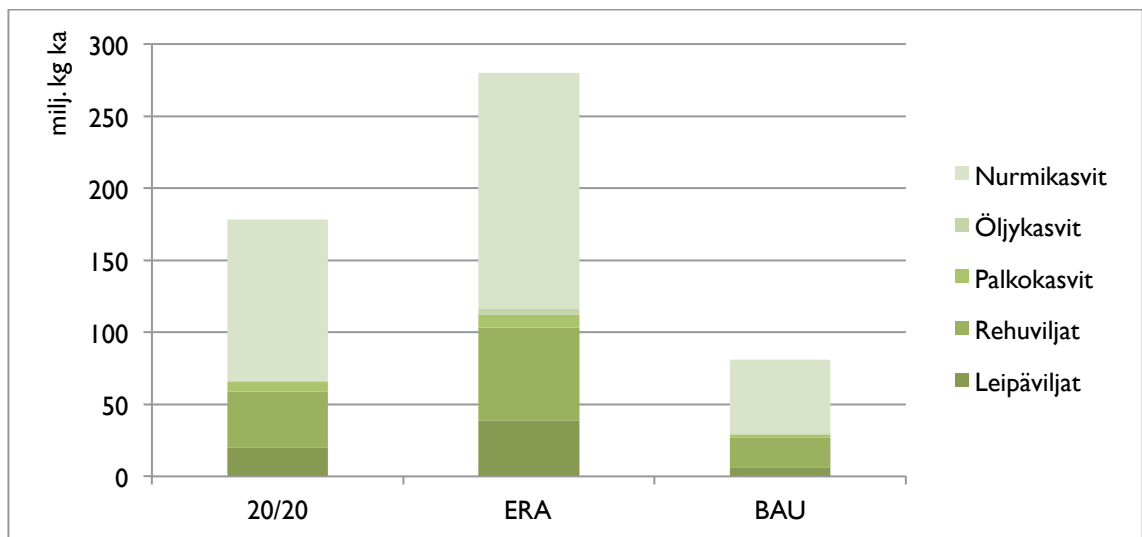
Skenaariossa ”BAU” (*business as usual*) on käytetty kasvialojen trendien osoittamia lukuja vuoden 2020 luomupeltopinta-alana. Alat laskettiin leipäviljoilta, rehuviljoilta, palkokasveilta, rypsilta, nurmelta ja muilta kasveilta erikseen. Jos kasvialat seuraavat tilastollisen analyysin trendejä vuoteen 2020 asti, 20 % tavoite ei täyty, vaan alueen luonnonmukaisen maatalouden tuotantoalaksi jää noin 45 000 ha, mikä on lähes sama kuin vuonna 2013 (Kuva 5). Samoin kasvintuotannon kokonaissato jää vähäiseksi, vain noin 80 milj. kg kuiva-ainetta vuodessa (Kuva 6).

Ennustetulle peltopinta-alalle laskettiin kokonaissato käyttämällä skenaarion 20/20 satotasoja. Elintarviketeollisuuteen ja ulos myydyn sadon määrä laskettiin vuoden 2012 myyntitilastojen mukaan (Tike 2013). Skenaarion ostojen ja myyntien fosforimäärät laskettiin ERA -tilojen hehtaari- ja eläinyksikkökohtaisten määreiden avulla kuten skenaariossa 20/20.

Skenaarioiden tarkat selitykset ja laskelmat löytyvät liitteistä 6A, 6B ja 6C.



Kuva 5. Eteläisen Luomu-Suomen luonnonmukaisesti tuotetun peltopinta-alan kehitys vuosina 2009–2013 (—) ja skenaarioiden ”20/20” (—) ja ”ERA” (—) ja ”BAU” (—) mukaiset pinta-alan kehitykset.



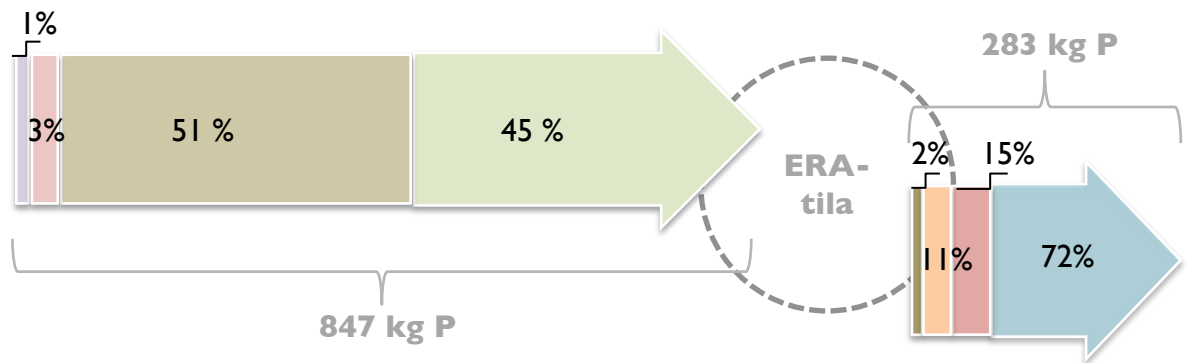
Kuva 6. Luomutuotannon pääkasvien kokonaissadon arviot skenaariossa 20/20, ERA ja BAU.

5 TULOKSET

5.1 ERA -tilojen fosforitaseet

ERA -tilalle saapui keskimäärin vuodessa 847 kg P, josta 45 % oli rehuja ja 51 % lannoitteita. Suurin osa tiloilta vuosittain poistuvasta 283 kg fosforimäärästä poistuu eläinperäisten tuotteiden mukana (Kuva 7).

Kaikilla ERA -tiloilla muodostui vuosina 2010–2012 keskimäärin positiivinen fosforin porttitase. Tilat pääsivät joinakin vuosina myös negatiivisiin taseisiin, mutta tarkastelujakson keskimääräinen tase jäi positiiviseksi. Suurin ylijäämä 12,80 kg P/ha syntyi lypsytilalta ja



Kuva 7. ERA -tilan porttitaseen fosforivirrat muodostuvat kuivikkeista ■, ostoeläimistä ■, lannoitteista ■ ja rehuista ■. Tiloilta poistuu fosforia lannassa ■, myydyssä viljassa ■, eläimissä ■ ja eläinperäisissä tuotteissa ■.

pienin kasvinviljelytilalta, 2,19 kg P/ha. Jokaiselle kotieläintilalle, paitsi porsastilalle, tuotiin fosforia enemmän rehuissa kuin lannoitteissa (Liite 5A). Keskimäärin 66 % kotieläintilojen fosforista saapui tilalle rehuissa. Emolehmätilat eli kolme tilaa eivät ostaneet tilalle lannoitteita, mikä näkyy keskimääräistä pienempänä hehtaarikohtaisena ostona sekä fosforiylijäämänä (Taulukko 5). Kanalatilan tase on alhainen, koska tila antoi pois fosforipitoista kananlantaa kanalan siivouksien yhteydessä kahtena vuotena kolmen vuoden havainnointijakson aikana.

Hehtaaria kohden ERA-tilat ostivat keskimäärin 13,7 kg P, josta myytiin 6,5 kg P, jolloin ERA-tilojen hehtaarikohtaiseksi fosforitaseeksi muodostuu 7,2 kg P/ha (Liite 5B).

Taulukko 5. ERA -tilojen porttitaseet tuotantosuunnittain.

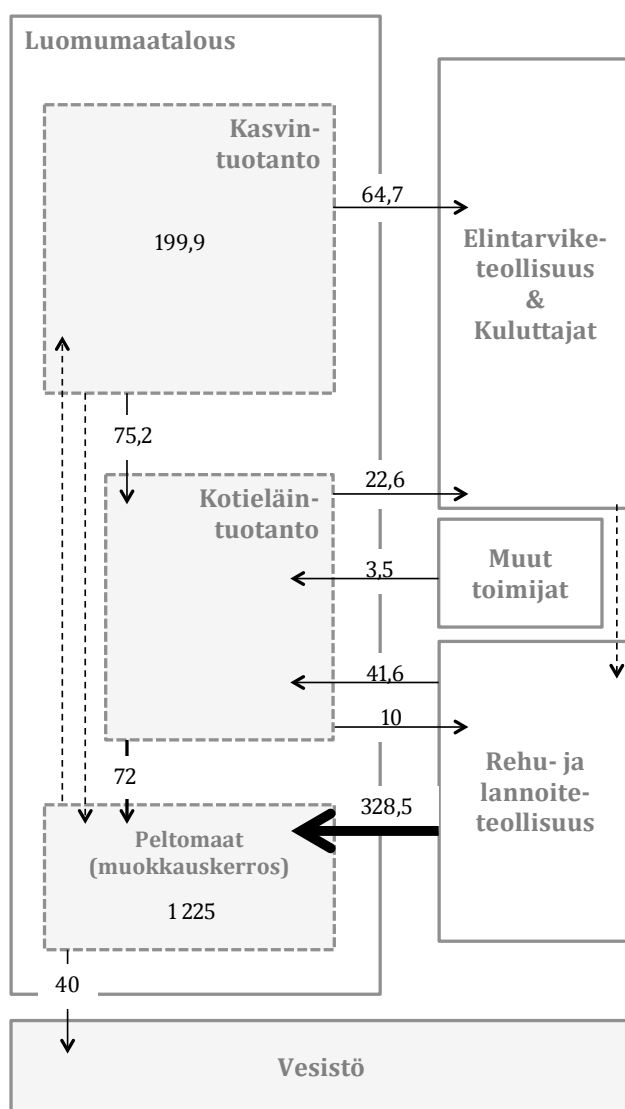
tilatyyppe	ostot kg P /ha	keskivirhe, s.e.	myynnit kg P /ha	keskivirhe s.e.	porttitase kg P /ha	keskivirhe s.e.
Emolehmätuotanto	7,68	3,97	1,15	0,18	6,53	3,53
Maidontuotanto	20,60	6,99	7,80	0,85	12,80	6,49
Kasvinviljely	5,10	0,57	2,92	0,17	2,19	1,07
Porsastuotanto	15,67	1,27	4,31	0,58	11,36	0,83
Kananmunantuotanto	26,72	4,06	24,09	9,73	2,63	5,99
Yhteensä	13,66	3,42	6,45	0,62	7,21	2,05

5.2 Luomutuotannon fosforivirrat vuosina 2010-2012

Eteläisen Luomu-Suomen luomumaatalous ostaa fosforia enemmän kuin sen myymät maataloustuotteet sisältävät. Koska alueen fosforin porttitase on positiivinen, tilat eivät hyödynnä maan varastofosforia vaan aiheuttavat kuormitusriskin. Eteläisen Luomu-Suomen suhteellinen porttitase on noin 0,21. Tiloille saapuneista ravinteista saadaan siis palautettua takaisin tilojen ulkopuolelle vain 21 %.

Jos alueen luomutilat ostavat ERA -tilojen tavoin orgaanisia eläinperäisiä täydennyslannoitteita tai muita orgaanisia lannoitteita, alueen tiloille ostetaan lannoitteissa vuosittain lähes 330 000 kg P. Orgaaniset eläinperäiset lannoitteet valmistetaan mm. teurastamoiden sivuvirroista, viljaseoksista ja kananlannasta (Elosato 2014). Otoksen tiloista kanalatila myi kanalan siivouksen yhteydessä poistetut kanat ja lannan eläinperäisiä lannoitteita valmistavalle tehtaalte. Lannoitteen sisältämä fosfori, palautuessaan alueen luomutuotannon hyödynnettäväksi, on täten kierrätysravinne. ERA -tiloille ostetut orgaaniset eläinperäiset lannoitteet sisältävät kuitenkin fosforia monikertaisesti enemmän kuin niiltä poistuu, joten lannoitteiden mukana tiloille saapuu fosforia muilta alueilta ja tavanomaisesta maataloudesta.

Eteläiseen Luomu-Suomeen ostetaan vuosittain lannoitteiden lisäksi rehussa 41,6 t kg P, kuivikkeissa ja eläimissä 3,5 t kg P. Alueen luomutilat myyvät yhteensä 52,7 t kg P viljoissa ja muissa kasvituotteissa. Noin 12 t kg P myydään tavanomaisena, koska osa alueen tiloista on siirtymävaiheessa. Kotieläintuotannossa myydään 22,6 t kg P eläinperäisissä tuotteissa ja 10 t kg P poistetuissa tai myydyissä eläimissä. Kasvintuotannosta 75,2 t kg P siirtyy kotieläinten rehuksi, 13,6 kg P on siemeneksi käytettävissä viljavarastoissa ja 93,3 kg P on luomutilojen varastoissa. Kotieläinten lanta sisältää 72 t kg P, joka käytetään kasvintuotannon lannoitteena. Alueen peltomaiden muokkauskerroksen helppoliukoisen fosforin varastot ovat 1 225 t kg P. Alueelta arvioidaan huuhtoutuvan noin 40 t kg P vuosittain ojiin ja edelleen vesistöihin (Kuva 8, Taulukko 6).



Kuva 8. Keskimääräiset luomumaatalouden fosforivirrat (t kg P/a) Eteläisessä Luomumaataloudessa vuosina 2010–2012.

Taulukko 6. Vuosittaiset ja keskimääräiset fosforivirrat ja -taseet Eteläisessä Luomu-Suomessa vuosina 2010–2012.

	kg P /Eteläinen Luomu-Suomi (ha) /vuosi				kg P /ha
	2010	2011	2012	keskiarvo	
ha (peltopinta-ala)	37 198	40 718	43 187		
OSTOT					
Rehut	47 000	34 685	43 095	41 593	
Lannoitteet	260 355	336 582	388 677	328 538	
Eläimet	1 128	70	7 453	2 884	
Kuivikkeet	610	568	703	673	
Yhteensä	309 093	371 905	439 928	373 642	9,21
MYYNIT					
Eläinperäiset tuotteet	17 183	21 455	29 250	22 629	
Viljat, herne, härkapapu,rypsi	-	56 879	48 438	52 659	
Eläimet	3 196	3 098	3 575	3 290	
Lanta	5 077	0	6 311	3 796	
Yhteensä		81 432	87 574	84 503	2,01
Porttitase		290 473	352 354	321 413	7,65
Primääriravinteet	298 565	364 898	423 855	394 376	
Sekundääriravinteet (lanta)	61 710	73 904	81 320	72 311	
Sato	-	188 189	211 523	199 856	
Sadosta rehuksi	-	51 903	98 565	75 234	
Peltotase		79 395	86 955	83 175	5,85

Kun alueen luomumaatalouden kokonaisostot jaetaan luomupeltopinta-alalla, ostavat luomutilat yhteensä hehtaaria kohden keskimäärin 9,21 kg P. Kuten kokonaismääristä voidaan huomata, sekä ostot että myynnit ovat kasvaneet kolmen vuoden tutkimusjakson aikana. Kasvu ei ole ainoastaan pinta-alan kasvusta johtuvaa, vaan myös hehtaariohtainen fosforin ostomäärä kasvoi aineistonkeruun aikana lähes kaksi kiloa. Keskimäärin myydyissä tuotteissa alueelta virtasi ulos 2,01 kg P/ha. Eteläisen Luomu-Suomen ylijäämä on kasvanut vuodesta 2011 vuoteen 2012 noin 60 t kg P. Hehtaariohtainen ylijäämä on keskimäärin 7,65 kg P.

Jos oletetaan että kaikki Eteläisen Luomu-Suomen luomutiloilla tuotettu lanta käytetään kasvustojen lannoitukseen, lukuun ottamatta alueelta ulos myytyä lantaa, käyttää alue lannassa noin 72 t kg P. Pellohehtaaria kohden fosforia lisättäisiin lannassa noin 1,93 kg. Kun ostettujen lannoitteiden ja alueen tuottaman lannan fosforimäärä jaetaan sadon sisältämällä fosforilla, saadaan primääriravannesuhde – 0,51. Kasvintuotanto siis tuottaa yhdellä alueelle ostetulla fosforikilolla sadossa 0,51 fosforikiloa ja menettää siitä liki puolet.

Taulukko 7. Vuosittaiset ja keskimääräiset luomumaatalouden suhteelliset fosforitaseet Eteläisen Luomu-Suomen alueella vuosina 2010–2012.

	2011	2012	keskiarvo
Suhteellinen porttitase	0,22	0,20	0,21
Kierrätyskerroin	1,22	1,21	1,21
Peltotaseen hyötysuhde	0,45	0,44	0,45
Primääriravannesuhde	0,55	0,54	0,54
Karjantaseen hyötysuhde	0,25	0,21	0,23

Suhteellisella peltotaseella laskettuna peltoon lisätyistä ravinteista menetetään 55 %. Karjaan syötetyistä rehuista 23 % saadaan myytyä ulos eläinperäisinä tuotteina. (Taulukko 7).

5.3. Näkymät luomutuotannon fosforivirroista vuonna 2020

5.3.1 Skenaario 20/20

Koska tuotantorakenteet ja maatalousartikkeleiden ostot ja myynnit pysyvät vuosien 2010–2012 kaltaisina, luomumaatalouden ostot ja myynnit kumuloituvat skenaariossa 20/20. Hehtaaria kohden ostotuotteiden ja myyntituotteiden sisältämän fosforin määrät pienenevät hiukan. Alueen positiivinen fosforitase yli kaksinkertaistuu pinta-alan kasvun myötä, mutta hehtaarikohtaiset arvot ostojen osalta kasvavat hieman ja pienenevät myyntien osalta. Hehtaarikohtainen fosforitase pysyy lähes samana ja kasvaa vain noin 0,05 kg P/ha.

Eteläisen Luomu-Suomen eläintiheyden säilyessä noin vuoden 2013 tasolla eli 0,20 ey /ha, alueen karjan tuottaman lannan sisältämä fosfori, 215 t P, ei riittäisi kasvintuotannon tarpeisiin, koska alueen noin 180 milj. kg (ka) vuosittaiseen luomukasvintuotannon kokonaissatoon sitoutuisi noin 570 t P. Jos fosforin peltotase on 0,45, kuten vuosina 2010–2012, edellyttää sadon onnistuminen noin 1 230 t P lannoitepanosta. Kun ostolannoitteiden tarpeesta vähennetään lannan fosforimäärä, tiloille ostettavien ravinteiden ostotarve olisi noin 11,59 kg P/ha. Tällöin hehtaarikohtaiseksi fosforitaseeksi tulisi jopa +9,95 kg P /ha. Skenaariossa hehtaarikohtainen fosforitase vaihtelisi siis ostolannoitteiden määrästä riippuen +7,7 kg P /ha ja +9,95 kg P /ha välissä (Taulukko 8).

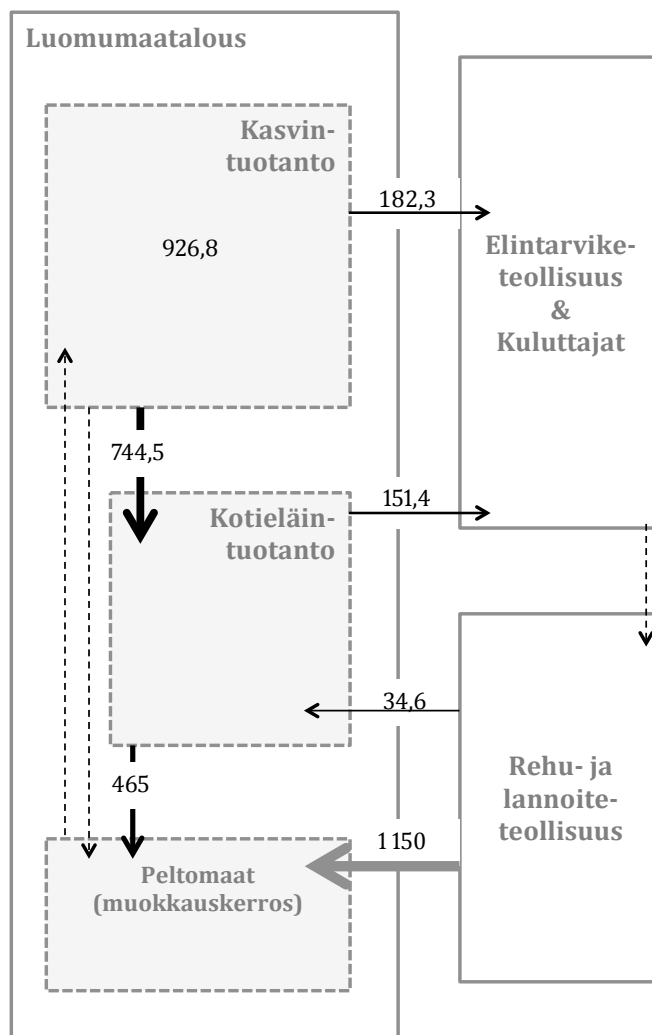
Taulukko 8. Fosforin porttitase skenaariossa 20/20.

	kg P / a	kg P/ ha/ a	osuus %
Ostot	955 637 - 1 399 760	9,35 – 11,59	
<i>rehut</i>	128 427	1,26	9 – 13 %
<i>lannoitteet</i>	827 210 – 1 271 243	8,09 – 10,33	87 – 91 %
Myynnit	-168 133	-1,64	
<i>sato</i>	-78 561	-0,77	47 %
<i>eläinperäiset tuotteet</i>	-67 895	-0,66	40 %
<i>eläimet</i>	-10 021	-0,10	6 %
<i>lanta</i>	-11 657	-0,11	7 %
Porttitase	+787 504	+7,70 – +9,95	

5.3.2 Skenaario ERA

Skenaarioista vain ERA -skenaario kykenee hyödyntämään kaikki tilalle saapuneet fosforikilot. Alueen porttitase on negatiivinen eli Eteläisen Luomu-Suomen tilat hyödyntäisivätaalueen tuottamaa lantaa, rehuja ja peltomaan varastofosforia paremmin kuin skenaariot 20/20 ja BAU. Koska alue tuottaa määrällisesti enemmän satoa ja rehua, alueelle ei tarvitse ostaa väkirehua. Jos alueelle ei osteta lannoitteita, suhteellinen porttitase olisi 978 %. Eli Eteläisen Luomu-Suomen tilat saisivat myytyä lähes kymmenkertaisen määrän fosforia suhteessa tiloille ostettuihin ravinteisiin. Alueen luomukarjan lannassa olisi noin 430 – 465 t kg P.

Jos skenaariossa haluttaisiin välttää negatiiviset fosforitaseet ja fosforitarvetta täydennettäisiin lannoitteilla, niiden osto yli moninkertaistuisi vuosista 2010–2012. Koska käytännön maksimiarvo suomalaiselle peltotaseelle on 0,80 (Seuri 2010) ja Antikainen ym, (2005) saivat fosforin peltotaseeksi 0,45, on suhteellinen peltotase syytä arvioida näiden arvojen väliin. Tällöin lannoitteita tulisi, karjan lannan lisäksi, ostaa noin 0,7 – 1,6 milj. kg P eli keskimäärin 1,15 milj. kg P (Kuva 9).



Kuva 9. Fosforivirrat skenaariossa ERA vuonna 2020.

Vaikka ERA -skenaariossa korvattaisiin fosforivajetta täydennyslannoittein, voidaan todeta fosforin hyödyntämisen ja kierrätyksen parantuvan (Taulukko 11). Alueen luomutilat saavat myytyä keskimäärin 28 % tilalle saapuneesta fosforista, siinäkin tapauksessa, että ne ostaisivat lannoitteita. Hyötysuhde paranee mitä vähemmän lannoitteita tarvitsee ostaa. Jos peltotase on 0,8, lannoitetarpeen mukaisella fosforivirralla saavutetaan 45 % suhteellinen porttitase. Tällöin saadaan primääriravinteesuhteeksi 1,32. Seuri (2010) toteaa kuitenkin 1,20 olevan käytännön yläraja primääriravinteesuhteelle. Keskimäärin Eteläisen Luomu-Suomen primääriravinteesuhde olisi 1,03. Täten on todennäköistä, että peltoon lisätystä fosforikilosta saataisiin noin 1 kg P maataloustuotteita.

Eteläisen Luomu-Suomeen hehtaariohtainen fosforitase riippuu ERA -skenaariossa ostolannoitteiden määrästä. Jos lannoitteita ei osteta lainkaan tai korkeintaan 1 150 t kg P,

Taulukko 9. Fosforin porttitase skenaariossa ERA.

	kg P / a	kg P/ ha/ a	osuus %
Ostot	34 254 – 1 184 254 (±450 000)	0,34 – 11,92 (±4,40)	
<i>rehut</i>	34 254	0,34	3 – 100 %
<i>lannoitteet</i>	0 – 1 150 00 (±450 000)	0 – 11,58 (±4,40)	0 – 97 %
Myynnit	-333 761	-3,26	
<i>sato</i>	-182 332	-1,78	55 %
<i>eläinperäiset tuotteet</i>	-151 428	-1,48	45 %
Porttitase	-299 507	-2,93 – +8,66 (±4,40)	

muodostuisi määrillä keskimäärin -2,93 – +8,66 kg P /ha porttitase, kun peltotase olisi -4,52 – +6,73 kg P /ha. Positiiviset arvot saavutettaisiin, kun lannoitteita ostetaan enemmän kuin noin 300 t kg P.

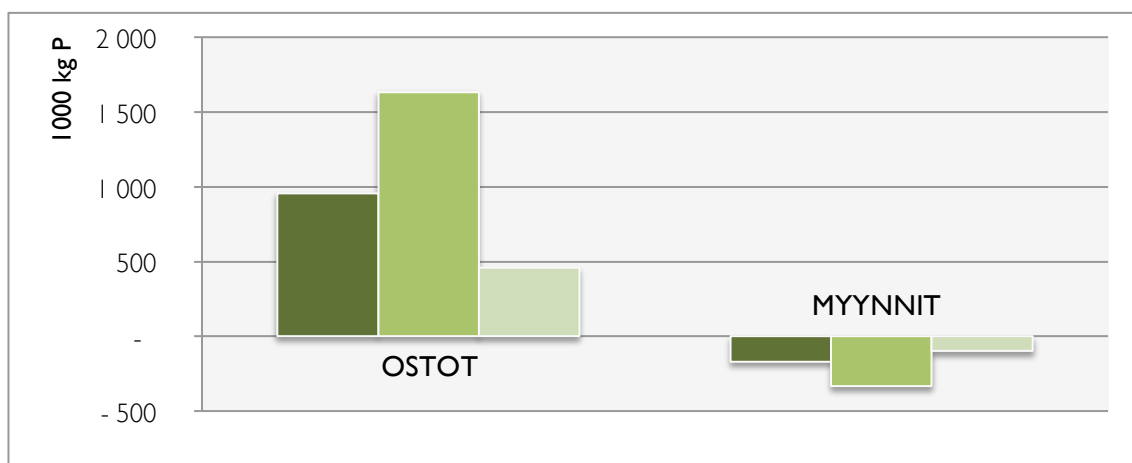
5.3.3 Skenaario BAU

Skenaariossa BAU luomutuotannon kehitys tutkittavalla alueella jatkaa nykyisten trendien mukaisesti, ja fosforivirrat ovat samankaltaisia kuin skenaariossa 20/20. Porttitaseen ylijäämä olisi hehtaaria kohden 7,99 kg P eli lähes sama kuin skenaariossa 20/20, koska ostojen ja myyntien fosforimäärät on laskettu molemmissa skenaarioissa samalla tavoin.

Skenaariossa BAU ennustettu eläintiheys on 0,30 ey/ha. Ennusteen mukaan Eteläisen Luomu-Suomen karjan lannassa olisi noin 153 000 kg P. Koska luomumaatalouden peltopinta-ala on pienempi kuin skenaarioissa 20/20 ja ERA, jäisivät fosforivirrat myyntien ja ostojen osalta pieniksi (Taulukko 10, Kuva 10).

Taulukko 10. Fosforin porttitase skenaariossa BAU.

	kg P / a	kg P/ ha/ a	osuus %
Ostot	460 117	10,18	
<i>rehut</i>	94 432	2,09	21 %
<i>lannoitteet</i>	365 684	8,09	79 %
Myynnit	-180 926	-2,19	
<i>sato</i>	-32 996	-0,73	18 %
<i>eläinperäiset tuotteet</i>	-49 923	-1,10	50 %
<i>eläimet</i>	-7 368	-0,16	7 %
<i>lanta</i>	-8 571	-0,19	9 %
Porttitase	+766 143	+7,99	



Kuva 10. Skenaarioiden 20/20 , ERA ja BAU vertailu; kokonaisostojen ja kokonaismyyntien sisältämät fosforivirrat.

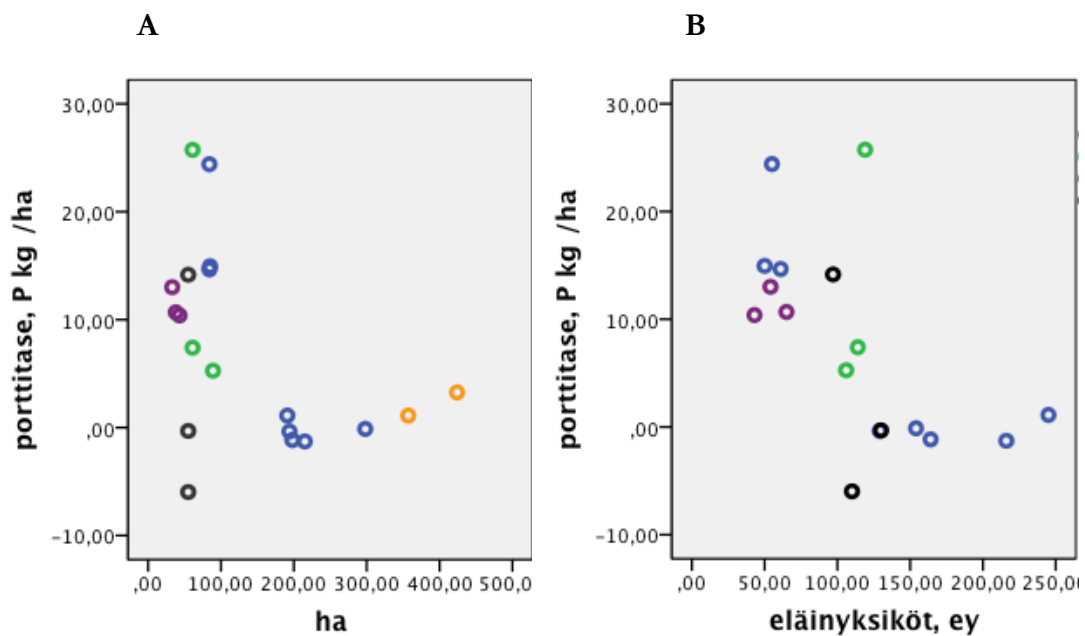
Taulukko 11. Skenaarioiden suhteelliset fosforitaseet verrattuna SFA -mallin tuloksiin.

	2010–2012	Skenaario 1	Skenaario 2	Skenaario 3
Suhteellinen porttitase	0,22	0,13–0,18	0,28–9,74	0,19
Kierrätyskerroin	1,22	1,16–1,22	1,65–2,47	1,33
Peltotaseen hyötysuhde	0,45	0,43–0,56	0,45–0,80	0,50
Primääriravannesuhde	0,55	0,50–0,68	0,74–1,32	0,67
Karjantaseen hyötysuhde	0,25	0,11	0,19	0,16

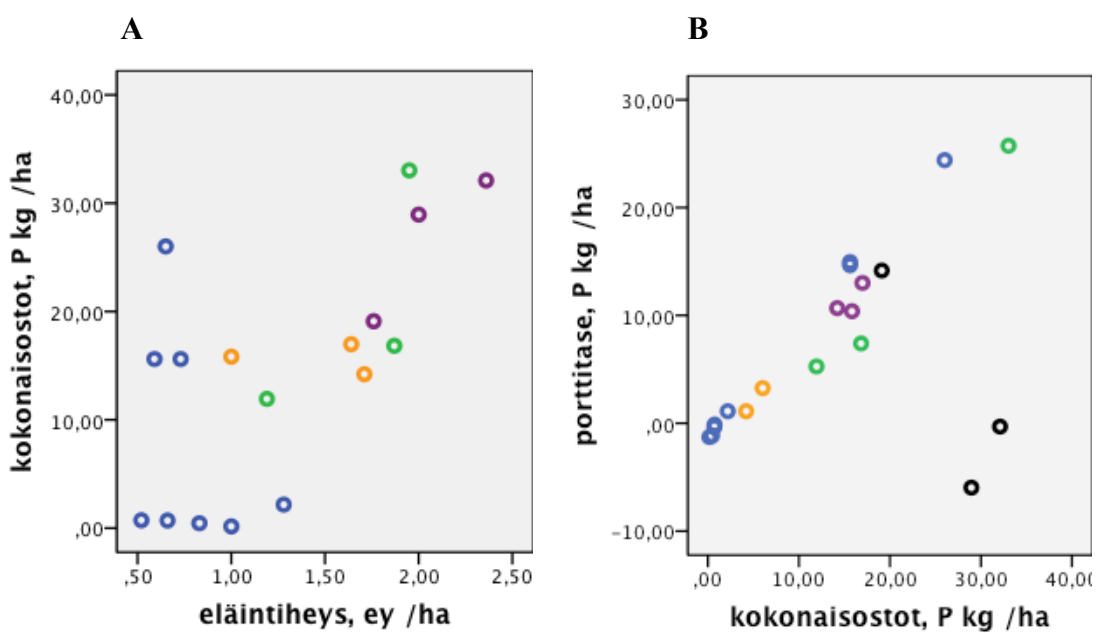
5.4 Tulosten ja muuttujien väliset tilastolliset korrelaatiot

ERA -tilojen aineistosta löytyy tilastollisesti merkittäviä korrelaationsuhteita, jotka ovat tulosten tarkastelun kannalta mielenkiintoisia. ERA -tiloilla fosforitase korreloi tilan peltohehtaarien ($p=0,044$) ja eläinyksiköiden ($p=0,010$) kanssa negatiivisesti. Korrelaation perusteella suuremmalla tai suuremman karjan omaavalla luomutilalla on todennäköisemmin pienempi fosforitase kuin pienellä luomutilalla (Kuva 11).

Mitä korkeampi tilan eläintiheys (ey/ha) on, sitä riippuvaisempi tila on ulkopuolisista fosforiostoista ($p=0,006$) (Kuva 12 A). Ostojen sisällä riippuvaisuus lannoitteista on



Kuva 11. Fosforitaseen korrelaatiot suhteessa pellohehtaareihin (A) ja eläinyksiköihin (B). Tilatyypit: kanala(●), porsastila(●), kasvinviljelytila(●), lypsytila(●) & emolehmätila(●).



Kuva 12. A: Eläintiheyden ja fosforin ostojen korrelaatio. Tilatyypit: kanala(●), porsastila(●), lypsytila(●) & emolehmätila(●). B: Fosforin porttitaseen ja fosforin ostojen korrelaatio.

korkeampi ($p=0,008$) kuin riippuvaisuus rehuista ($p=0,405$). Eläintiheyden kasvun myötä tila tuleekin riippuvaiseksi lannoitteista, vaikka myös tilan karja tuottaa lantaa. Kokonaisostojen määrä korreloi eläintiheyden kanssa etenkin kanatilalla, porsastilalla ja lypsytilalla.

Tilalle saapuvien fosforin kokonaisvirtojen koko taas korreloi positiivisesti fosforitaseen kanssa ($p=0,023$). Tällöin tilan fosforiostojen myötä myös tilan fosforin porttitase kasvaa kaikissa tuotantosuunnissa (Kuva 12 B).

6 TULOSTEN TARKASTELU

6.1. ERA-tilojen fosforitalous

Koska Larsson ja Grandstedt (2010) olivat jo laskeneet suomalaisen ERA -tilan porttitaseen, tehtiin tämän tutkielman laskelmat erilaisella rajauksella. Vastaavanlaisella rajauksella tehtyjä tutkimuksia ei kuitenkaan ole tehty. Täten tarkasteluosiossa niin tutkielman tuloksia kuin Larsson & Grandstedt (2010) tuloksia verrataan muihin tutkimuksiin, jotta tarkastelussa saavutettaisiin vertailukelpoisia arvioita. Viidelle suomalaiselle ERA -tilalle laskettu ns. absoluuttisen porttitase, on Larssonin ja Grandstedtin (2010) mukaan + 3 kg P/ha.

Suomalaisten ERA -tilojen fosforitaseet poikkeavat suuresti muilla ERA -tiloilta saaduista ravinnetaseista. Ruotsalaisten ERA -tilojen fosforin porttitase on negatiivinen, keskimäärin -1 kg P /ha (Grandstedtin ym. 2008) tai uudemman tutkimuksen mukaan -2 kg P /ha (Larsson & Grandstedt 2010). Tämän tutkielman ERA -tiloista emolehmätila ja kanala pääsivät negatiiviseen porttitaseeseen vuositasolla, mutta keskimääräinen fosforitase koko otoksessa oli positiivinen +7,21 ($\pm 2,05$). kg P /ha (Taulukko 12).

Taulukko 12. ERA -tilojen keskimääräiset fosforitaseet tuotantos suunnittain.

Tilatyyp	n	keskiarvo	keskivirhe s.e.	minimi	maksimi
Naudanlihantuotanto	8	6,53	3,53	-1,28	24,40
Maidontuotanto	3	12,80	6,49	5,27	25,73
Kasvinviljely	2	2,19	1,07	1,12	3,26
Porsastuotanto	3	11,36	,83	10,39	13,01
Kananmunantuotanto	3	2,63	5,99	-5,97	14,16
Keskiarvo	19	7,21	2,05	-5,97	25,73

Grandstedtin ym. (2008) tutkimuksessa kahdestatoista tilasta yksi osti tilan ulkopuolisia lannoitteita, mikä näkyi tilalla positiivisen porttitaseena. Tämän tutkielman otoksen tiloista vain yksi vastaanotti hevosen lantaa, ja neljällä tilalla käytettiin kaupallista orgaanista eläinperäistä lannoitetta täydennyslannoitteena. Kaikki kolme tilaa, jotka eivät ostaneet lannoitteita, olivat emolehmätiloja. Silti näidenkin tilojen fosforitase oli keskimäärin + 6,53 ($\pm 1,28$). kg P/ha.

Nesme ym. (2012) ovat jo todenneet, että luonnonmukaisessa maataloudessa tilan eläintiheys (ey/ha) ei välttämättä korreloi fosforitaseen kanssa. Myös tässä tutkielmassa eläintiheyden ja fosforitaseen välillä ei ole suoraan tilastollisesti merkittävää korrelaatiota ($p=0,905$). Sen sijaan eläintiheyden kasvun myötä kokonaisostojen (kivennäisten, väkirehujen ja lannoitteiden) (kg P/ha) määrä lisääntyy ($p=0,006$). Kun kokonaisostojen myötä myös fosforitase kasvaa ($p=0,023$), voidaan eläintiheyden ja fosforitaseen välillä havaita riippuvuutta tässä tutkielmassa.

Luonnonmukaisessa tuotannossa niin tuotantos uuntien kuin samaa tuotantos uuntaa toteuttavien tilojen ravinnetaseiden välillä voidaan havaita merkittävää vaihtelua (Watson ym. 2002; Taulukko 13). Eurooppalaisten luomutilojen fosforin porttitaseet olivat 1990-luvun tutkimuksissa negatiivisia niin viljajätiloilla, kuin karjajätiloilla ja yhdistelmätiloilla. Luomumaitotätiloilla ja -puutarhatätiloilla muodostui sen sijaan fosforin ylijäämää 3,1 kg P /ha ja 38,9 kg P ha (Watson ym. 2002). Tarkasteltaessa taseiden vaihteluvälejä, on myös yhdistelmätiloilla havaittu positiivisia vuosituloksia. 2000-luvulla toteutettujen tutkimusten tuloksissa fosforin porttitaseet ovat kääntyneet enimmäkseen positiivisiksi (Taulukko 13).

Nesme ym. (2012) ovat havainneet ranskalaisille luomutiloille saapuvan noin kolminkertaisen määrän fosforia verrattuna ulos myytyyn fosforimäärään, kuten myös

suomalaisille ERA -tiloille saapuu alueen ulkopuolelta. Tutkimuksen tuloksissa on muitakin samankaltaisuuksia; ranskalaiset luomutilat myyvät fosforia ulos viljasadossa enemmän kuin eläinperäisissä tuotteissa. Ranskalaisten tilojen muodostama hehtaarikohtainen porttitase oli vuosina 2006–2008 keskimäärin +10,2 kg P /ha. Erona suomalaisiin ERA -tiloihin ranskalaisten tilojen fosforin ostovirroista 95 % muodostui lannoitteista; mm. lannasta tai komposteista.

SFA -analyysin avulla laskettu teoreettinen peltotase, + 4,5 kg P/ha, ei vastaa Suomessa vuosina 2007–2009 suoritetun TEHO -hankkeen tutkimuksen tuloksia. TEHO -hankkeen luomutilojen fosforin peltotase oli negatiivinen, keskimäärin -4 kg P/ha. TEHO -luomutiloilla lannoitettiin pääasiassa viljoja ja hehtaarikohtainen fosforilisäys oli keskimäärin 5 kg P /ha (Kaasinen 2011). Berry ym. (2003) laskivat yhdeksälle luomutilalle peltotaseet typelle, fosforille ja kaliumille yhdelle viljelykierrolle lohkoakohtaisesti, jolloin tilalle ostetut rehut jäivät laskelmien ulkopuolelle. Tiloista vain karjattomat tilat (n=2) ja yksi maitotila pääsivät negatiiviseen taseeseen (-1 – -8 kg P /ha). Kuudella tilalla aseet vaihtelivat välillä +6 – +34 kg P /ha.

Dekker ym. (2011) ovat todenneet tavanomaisen kananmunantuotannon fosforitaseen olevan jopa kymmenkertainen verrattuna luomutuotantoon. Yhtä munakiloa kohti hollantilaisella luomutilalla muodostuu 0,7 P g positiivinen tase. Suomalaisen ERA -tilan porttitase, +2,6 kg P /ha, vastaa munakiloa kohden + 1,3 P grammaa. Berryn ym. (2003) 1990 -luvun lopulla tekemissä tutkimuksissa luomusiipikarjatilán fosforin porttitase oli + 7 kg P/ha.

On huomioitava, että Suomen ERA -tilat eivät tutkittavina vuosina täyttäneet ERA -tilan kriteerejä. Niiden eläintiheys on keskimäärin 1,24 ey/ha, vaikka kynnsarvo on < 0,75 ey/ha (Grandstedt ym. 2008). Kriteeri täyttyi kahdella emolehmätilalla. Ostetun rehun osuuden tulisi ERA-tiloilla olla < 15 % (rehun sisältämän typen perusteella) (Grandstedt ym. 2008). Tuloksien perusteella Eteläisen Luomu-Suomen ulkopuolelta ostetun rehun osuus on 49 % (fosforin perusteella).

Vaikka tutkielman otos edustaa huonosti pohjoismaisia ERA -tiloja, otoksen luotettavuus kaikkien luomutilojen edustajana on hyvä. Tämän tutkielman tuloksia tukevat monet eurooppalaiset tutkimukset, joissa luomutiloilla on havaittu positiivisia fosforitaseita (Taulukko 13). Ruotsalaisessa luonnonmukaisten tilojen tasetutkimuksessa (Wivstad ym. 2009) 107 luomulypsytilalla havaittiin vuosina 2001–2006

Taulukko 13. Tutkielman ja Larsson ja Grandstedtin (2010) suomalaisten ERA -tilojen fosforitaseet verrattuna eurooppalaisiin fosforin porttitaseisiin.

kg P /ha									
	keski- arvo	Larsson & Grand- stedt 2010	Nowak ym. 2013 b	Foissy ym. 2013	Nesme ym. 2012	Larsson & Grand- stedt 2010	Wivstad ym. 2009	Nielsen & Kristensen 2005	Watson ym. 2002
Maa	Suomi	Suomi	Ranska	Ranska	Ranska	ERA/EU	Ruotsi	Tanska	useita
Emolehmätuotanto	+ 6,5						+2,8		-1,8
Maidontuotanto	+ 12,8						+2,3	+6	+3,1
Kasvinviljely	+ 2,2	-	-	-	-	-	+6,1		-6,0
Porsastuotanto	+ 11,4						-	+13	-
Kananmunantuot.	+ 2,6						-		
Yhteensä	+ 7,2*	+ 3**	+3,3 (-1,1 – +1,6)	-1,4 (±10,5)	+10,2 (±3,2)	-1 (-3 – +5)	+3,7	+ 8	+3,6

* tutkielman rajauksen mukainen porttitase

** absoluuttinen porttitase (ei rajausta)

keskimäärin positiivinen fosforitase +2,3 kg P/ha (vaihtelu: -0,3 – +4,1 kg P/ha). Luonnonmukaisilla kasvinviljelytiloilla (n=76) fosforiyljäämät olivat korkeammat kuin tavanomaisilla, keskimäärin tase oli + 6, kg P/ ha. Lihakarjatilojen (n=93) keskimääräinen tase oli + 2,8 kg P/ha (vaihtelu: +0,6 – +3,5 kg P/ ha). Suomalaisten ERA -tilojen taseet ovat absoluuttisten taseiden (Larsson & Grandstedtin 2010) perusteella samansuuruisia, joten otokseen päätyneet ERA -tilat edustava luotettavammin luomutilaa kuin ERA -maataloutta.

Jos tavoitteet ravinteiden kierrättämisen suhteen toteutuvat, orgaanisten ravinteiden kierrätys tulee ajankohtaiseksi myös tavanomaisilla tiloilla. Tällöin ERA -tilat edustavat jokaista suomalaista maatilaa. Tällöin systeemin rajauksen perusteella muodostetut taseet ovat mielenkiintoisia, koska kestävän kierrätyksen kannalta on olennaista selvittää lannoiteravinteiden tarve suhteessa maatalouden sisäisiin ravinnevirtoihin.

6.2. Luomutuotannon fosforivirrat ja kierrätystehokkuus vuosina 2010–2012

Koikkalaisen ym. (2011) mukaan suomalainen luomumaatalous perustuu vahvasti tavanomaisen tuotannon lantaan ja viherlannoitukseen. Myös Nowak ym. (2013 a) ovat havainneet luomutuotannon perustuvan tavanomaiseen tuotantoon. Ranskassa jopa 73 %

luomutilojen ulkopuolisista fosforivirroista on lähtöisin tavanomaisesta maataloudesta. Virroista yli 80 % muodostui erilaisista lannoitteista ja lannasta. Virrat kohdistuivat karjattomille tai pienen karjan omaaville tiloille, jotka muodostivat osapopulaatiosta 66 %. Koska noin 87 % Eteläisen Luomu-Suomen tiloista on kasvinviljelytiloja, on oletettavissa, että alueella hyödynnetään tavanomaisen tuotannon ravinteita. Kansallisella tasolla koko maan suhteet luomukasvintuotanto- ja luomukotieläintilojen välillä vuonna 2013 olivat 90 % ja 10 % (Evira 2014), joten virrat ovat oletettavasti koko Suomessa samankaltaisia. ERA-tiloille ostetun orgaanisen eläinperäisen lannoitteen raaka-aineena käytetään niin tavanomaisia kuin luomutuotannon kotieläimiä ja niiden teurasjätteitä. Koska luomulihan myynti on Suomessa suhteellisen pientä, on oletettavissa että suurin osa lannoitteen fosforista on peräisin tavanomaisesta maataloudesta.

Ostettujen rehujen alkuperä jää tässä tutkielmassa epäselväksi, koska kokonaisostot edustavat fosforikiloja, jotka on ostettu systeemin ulkopuolelta kaupallisilta toimijoilta. Kaupalliset toimijat voivat käyttää rehujen raaka-aineina niin kotimaisia kuin ulkomaisia viljoja ja muita ainesosia. Tiedetään että Suomessa luomulypsytilojen yleistyminen on heikentänyt luomurypsipuristeen saatavuutta ja luomurapsipuristetta on tuotu Suomeen ulkomailta (Käki 2012). On hyvin todennäköistä, että suuri osa rehuista on kuitenkin kotimaisista raaka-aineista valmistettua, mutta rehujen kotimaisuusastetta ja alkuperääkin tärkeämpää on tarkastella suhteellisten fosforitaseiden ja tulokorrelaatioiden osoittamia tuotannon ongelmakohtia.

Otoksessa tilojen eläintiheys oli keskimäärin 1,24 ey /ha, mutta alueen teoreettinen eläintiheys oli vuonna 2013 vain 0,20 ey /ha. Peltihehtaarit siis riittävät alueen rehun tuotantoon sekä leipäviljojen tuotantoon, eikä Eteläisessä Luomu-Suomessa ole teoriassa tarvetta rehuostolle. Kuten SFA -malli osoittaa alueen luomutiloille kuitenkin ostetaan rehuja. Saatu tulos voikin indikoida huonosti toimivaa tilojen välistä luomuverkostoa. Jos luomutilat eivät toimi yhteistyössä, virtaa Eteläisen Luomu-Suomen tiloille tarpeettomia ravinnevirtoja tavanomaisesta maataloudesta ja alueen ulkopuolelta. Oletusta tukevat tuloksista löytyvät korrelaatiot. Mitä korkeampi tilan eläintiheys on, sitä riippuvaisempi tila on alueen ulkopuolisista fosforiostoista (Kuva 11A). Luomutilalla suuri karja edellyttää enemmän rehuja.

Ostorehujen hehtaariohtainen määrä ei merkittävästi korreloi eläintiheyden kanssa, koska eläinyksiköiden määrä korreloi kasvavasti peltopinta-alan kanssa ($p=0,001$). Karjan kasvaessa kasvaa myös viljeltävä peltopinta-ala ja tilan sisäinen rehuntuotanto. Koska tämän

tutkielman otostilojen eläintiheys on melko korkea, keskimäärin 1,24 ey/ha, tilakohtainen pinta-ala ei siltikään riitä karjan rehun tarpeeseen. Eläintihyden kasvaessa lisääntyy myös ostolannoitteiden hehtaariohtainen fosforimäärä. Tilat panostavat tilan sisäiseen rehutuantoon, vaikka alueella tuotettua rehua voitaisiin ostaa tilalle myös toiselta luomutilalta. Kun tilan viljelyala kasvaa rehtarpeen myötä, ostetaan tilalle rehun sijasta lannoitteita, mitä luultavammin korkeampien satotasojen toivossa. Luomutilojen keskikoko tutkittavalla alueella oli vuonna 2013 noin 50 ha (Evira 2013). ERA -tiloista juuri 50–100 ha tilat ostivat rehuja keskimäärin 14,4 kg P/ ha, mutta huomattakoon, että kyseisessä tilojen joukossa olivat kanala-, porsas-, lypsytilat sekä yksi emolehmätila. Rehuintensiivisissä ja yksimahaisiin eläimiin nojautuvissa tuotantomuodoissa, kuten kananmuna-, porsas- ja lypsytiloilla, oletettavasti lannan fosforipitoisuus rajoittaa lannan levitystä ja lantaa kompensoidaan teollisilla lannoitteilla.

Tarkasteltaessa tilakohtaisia taseita, huomataan että pienin positiivinen tase saatiin kasviviljelytilalla. Tavanomaisessa maataloudessa kasvinviljelytilat saavat usein negatiivisia ravinnetaseita. Eteläisessä Suomessa maatalouden peltotaseet ovat keskimäärin negatiivisia fosforin osalta, koska kasvinviljely on keskittynyt kyseiselle alueelle (Salo & Lemola 2010). Verrattuna kotieläintilojen taseisiin pieni positiivinen tase kasvintuotantotilalla, joka sinänsä on positiivinen asia, kuvastaa kuitenkin luomumaatalouden erikoistumisesta seuraavia ongelmia. Koska jakauma kasvinviljelytilojen ja kotieläintilojen välillä on 87 % ja 13 %, voidaan todeta että kotimaisessa luonnonmukaisessa maataloudessa on havaittavissa erikoistumista, josta edelleen seuraa yksisuuntaisia ravinnevirtoja, joiden päätepiste on kotieläintiloilla.

SFA -mallin mukaan fosforia menetetään jokaisessa tuotannon vaiheessa. Peltoon lisäystä fosforista saadaan korjattua sadossa 45 %. Tulos täsmää Antikaisen ym. (2005) laskelmiin, joissa sadossa korjattiin myös 45 % fosforista. Eteläisen Luomu-Suomen sadosta vain 37 % käytetään eläinten rehuksi, vaikka koko Suomen keskiarvo on 70 % (Antikainen ym. 2005). Alhainen rehukäytön prosentti kuvastaa Eteläisen Luomu-Suomen tilajakaumaa, jossa valtaosa tiloista on kasvinviljelytiloja. Ilmiö on huomattavissa myös alueen primääriravinnesuhteen ja suhteellisen peltotaseen samankaltaisuuksissa. Suhteellinen peltotase ja primääriravinnesuhde ovat identtiset tiloilla, joilla ei käytetä kierrätysravinteita eli lantaa (Seuri 2002). Eteläisen Luomu-Suomen suhteellinen peltotase on 0,45 ja primääriravinnesuhde 0,55, joten lannan osuus lannoituksessa on pieni.

Rehusta lantaan siirtyy tuloksien mukaan 71 %. Tulos on täysin sama kuin Antikaisen ym. (2005) SFA-mallissa. Kun Eteläisen Luomu-Suomen eläinperäisissä tuotteissa myydään tiloilta ulos 23 % rehujen fosforista, koko Suomen keskiarvo on 25 %. Tuloksien perusteella karjaan sitoutuu ja lannan varastoinnissa menetetään yhteensä noin 6 % rehun fosforista. Tämän tutkielman ja Antikaisen ym. (2005) tulokset ovat hyvin samankaltaisia, kun tarkastellaan suhteellisia ravinnetaseita, joten voidaan kenties todeta että Eteläisen Luomu-Suomen fosforin käytön tehokkuus ei merkittävästi poikkea tavanomaisesta maataloudesta.

Eteläisen Suomen luomutilat voisivat turvautua peltomaan varastofosforiin, jossa helppoliukoisen fosforin osuus olisi lähes kolminkertainen suhteessa lannoitetarpeeseen. Varsinkin kun huomioidaan, että Ylivainion ym. (2014) mukaan Varsinais-Suomen ja Uudenmaan alueella noin 60–80 % pelloista ei saavuteta fosforilisäyksen myötä merkittävää sadonlisäystä. Hämeessä vastaava luku on noin 40–60%. Lisäksi fosforin huuhtoutumispotentiaali on Eteläisen Luomu-Suomen alueella paikallisesti koko maan keskiarvoa korkeampi. Savisilla peltomailla syyskylä, joka on rikkakasvien myötä myös luomutuotannossa hyvin yleistä, nostaa eroosio- ja huuhtoutumisriskiä (Ylivainio ym. 2014).

6.2.1 Tuloksiin mahdollisesti vaikuttaneet tekijät

Rehutarve vaihtelee vuosittain mm. sääolosuhteiden, tilayhteistyön ja satotasojen mukaan. Tilakoon muutoksien taustalla on vuokrateltojen myötä muuttuvat pinta-alat. Otoksen tiloista lypsytila, porsastila ja kasvintuotantotila olivat siirtymässä luomutuotantoon aineiston keruun aikana, mikä voi vaikuttaa osaltaan tuotannon vuosittaisiin muutoksiin. Tuotanto on tehty tällöin luomutuotannon edellytyksin, mutta tilan sato ja tuotteet on myyty tavanomaisena tuotantona.

Kasvuolosuhteet aineiston keruun aikana olivat hyvin vaihtelevat. Vuoden 2010 kasvukausi oli lämmin ja sateet paikallisia myrskysateita. Kuivuus heikensikin satoja paikoin. Vuonna 2011 kesä oli tavanomaista lämpimämpi sekä sateisempi (Ilmatieteen laitos 2014). Lisäksi kasvukausi oli poikkeuksellisen pitkä (MT 8.12.2011). Sateisena vuonna 2012 sadot kärsivät ja sadon puinti viivästyi märän syksyn myötä (MT 5.9.2012).

Kun tilastolliset fosforiarvot perustuvat tavanomaisen tuotannon satoihin ja laatuun, tulokset voivat olla vääristyneitä (Watson ym. 2002). Tässä tutkielmassa käytetyt MTT:n rehutaulukoiden ja Viljavuuspalvelun lantatilastojen fosforipitoisuudet perustuvat

tavanomaiseen tuotannon aineistoihin, mikä osaltaan vaikuttaa tutkielman tuloksiin, koska esimerkiksi Worthingtonin (2001) mukaan luonnonmukaisesti tuotettujen hedelmien, vihannesten ja viljojen fosforipitoisuus on noin 15 % verrattuna tavanomaisesti tuotettuihin tuotteisiin. Suhteellisiin taseisiin aineiston käsittelyllä ei ole kuitenkaan merkitystä.

Koska aineistoa kerättiin kolmelta vuodelta ja tilojen viljelykierrot ovat usein viiden vuoden pituisia, aineistossa ei näy viljelykierroista mahdollisesti ilmenevät fosforin tasaukset. Viljelykierron aikana saattaa samalla lohkolta voi ilmetä niin positiivisia kuin negatiivisia taseita viljelykasvista ja lannoitustoimenpiteistä riippuen. Lohkokohtaiset lannoitustarpeet heijastuvat fosforiostoihin. Lisäksi viljelykierrossa on vuosia, jolloin lohkolta ei korjata myytävää satoa, mikä saattaa vaikuttaa tuloksiin.

6.3. Järkevä luomufosforitalous vuonna 2020

6.3.1 Skenaario 20/20

Jos 20/20 -skenaarion mukainen luomumaatalous toteutuu, Eteläisessä Luomu-Suomessa muodostuu edelleen positiivisia taseita ja merkittävä kuormitusriski. Eteläisen Luomu-Suomen tase, noin + 790 t P on lähes sama kuin tiloille ostettavien lannoitteiden yhteismäärä, noin 830 t P. Hehtaarikohtainen fosforitase olisi +7,7 kg P /ha.

Lisäksi skenaarion mukaisen tuotantomallin tuotosta tulee verrata muiden skenaarioiden tuotokseen ja luomutuotteiden kysyntään, jota pyritään kansallisella tasolla myös kasvattamaan (MMM 2012). Verrattuna ERA -skenaarion tuotokseen, 20/20 -skenaariossa kasvintuotanto saisi myytyä vain 43 % siitä mitä nautoihin perustuva tuotantomalli (skenaario ERA). Myös eläinperäisten tuotteiden myynti jäisi alle puoleen. Toisaalta eläinperäisten tuotteiden kirjo olisi laajempi, koska Eteläisessä Luomu-Suomessa tuotettaisiin myös sianlihaa ja kananmunia. Koska MMM (2012) on asettanut luomualan kehittämisohjelmansa yhdeksi tavoitteeksi kotimaisten luomuelintarvikkeiden tarjonnan monipuolistamisen, toteutuisi skenaario 20/20, todennäköisemmin kuin skenaario ERA. TNS Gallup Elintarviketiedon mukaan vuoteen 2020 asetettu tavoite 20 % luomupinta-alasta ei tule toteutumaan. Pinta-alaksi jäisikin noin 14 %. Koska luomumaidon ja -sianlihan tuotannon arvioidaan jopa kaksinkertaistuvan (HS 20.7.2014) ja luomuna munivien kanojen määrissä on havaittavissa nousevaa trendiä (Evira 2014), vuoden 2020 luomumaatalous Etelä-Suomessa saattaa muistuttaa enemmän skenaariota 20/20 kuin skenaariota ERA.

6.3.2 Skenaario ERA

Skenaarion ERA mukaisessa tuotantomallissa Eteläisen Luomu-Suomen fosforitase jäisi negatiiviseksi, koska skenaarion luomumaatalous on suunniteltu typen osalta omavaraiseksi. Alueen karja tuottaisi lannassa noin 430 – 465 t P. Tämä täyttäisi kuitenkin vain puolet kasvintuotannon lannoitustarpeesta fosforin osalta. Hehtaaria kohden fosforin peltotase olisi tällöin -4,52 kg P /ha. Tulos on lähes samansuuruinen kuin Kaasisen (2011) vuosien 2007–2009 peltotaseen keskiarvo; - 4 kg P /ha. Kaasisen (2011) aineiston lohkoilla saavutetut satotasot vastaavat ERA -skenaariossa määritettyjä satotasoja. Vaikka Kaasisen (2011) tuloksista ei saatu esim. vehnän tai herneen satotasoja, voidaan tulosten perusteella todeta, että negatiivinen fosforitase ei ole este korkeille luomusadoille.

Vuosien 20056–2009 aineistojen (Viljavuuspalvelu 2014 b) perusteella helppoliukoisen fosforin varastot riittäisivät kahtena tai kolmena vuotena pitämään yllä toivottuja satotasoja. Peltomaan hiukkaspinnoille tiukemmin sitoutunut fosfori on potentiaalisesti käyttökelpoista ja sen saatavuus riippuu maan happamuudesta, maaveden suolapitoisuudesta ja maan biologisesta aktiivisuudesta (Hartikainen 2002). Täten pitkäaikainen fosforivarantoihin turvautuva maatalous edellyttää hyvää ja lohkokohtaista peltomaan hoitoa. Vaikka fosforitase pysyisi negatiivisena, Oehlin ym. mukaan (2002) peltomaan fosforivarastoja ei uhkasi nopea ehtyminen. Pitkällä aikavälillä menetettyä fosforia tulisi kuitenkin myös korvata (Gosling & Shepher 2005). Ruotsissa kasville käyttökelpoiset ravinteet vähenivät muutamassa vuodessa (Torstensson ym. 2006), mistä voidaan päätellä että suomalaisille luomutiloille on syytä tuoda tilan ulkopuolisia fosforivirtoja, mutta vain tarkoituksenmukaisia määriä.

Jos alueelle ostettaisiin lannoitteita nykyiseen malliin, fosforin porttitase olisi +2,33 – +6,73 kg P/ha (keskimäärin 4,5 kg P/ha). Wivstadin ym. (2009) mukaan keskimääräinen fosforin porttitase ruotsalaisilla luomutiloilla on +3,9 kg P /ha. Typen taseeksi kyseisillä tiloilla muodostui keskimäärin + 62 N kg /ha.

Nowakin ym. (2013 b) saamat tulokset tukevat ERA -skenaarion mukaista viljelyalan jakaumaa, jossa 20 % alasta viljeltäisiin leipäviljoja ja 5 % öljykasveja. Nowak ym. (2013 b) jakoivat tutkimuksen luomutilat peltojakauman ja eläintiheyden mukaan eri ryväsotoksiin ja otoksista parhaaseen fosforin porttitaseeseen pääsivät karjalliset tilat, joiden vilja- ja öljykasviala oli > 40 %. Laaja nurmiala mahdollisti tiloilla riittävän typen sidonnan ja minimoi ulkopuolisten rehujen ostotarvetta. Eläintiheys kyseisillä tiloilla vaihteli noin 0-1,3

ey/ ha välillä, mutta pienimmät positiiviset porttitaseet saavutettiin tiloilla joiden eläintiheys oli 0,8–1,3 ey/ha. Negatiiviseen fosforitaseeseen, -1,1 ($\pm 7,1$) kg P pääsivät tilat, joiden eläintiheys oli 0,4–0,8 ey/ha. Tilojen taseeseen vaikuttaa osaltaan tiloilta myyty lanta. Ilman lannan myyntiä, tase olisi positiivinen, + 1,3 kg P.

Koska nautakarjakoon kasvun ja laidunnuksen yleistymisen myötä lantaa menetetään laitumille, joissa huuhtoutumisen riski kasvaa pihattoihin ja karjasuojiiin verrattuna (Schröder ym. 2011), on ERA -skenaariossa vaarana menettää tilojen sisäisiä ravinteita ympäristöön ja pelto-ojiin. Kun 1994–2001 tehdyissä kokeissa suomalaisen nautakarjan metsälaitumen vuosittainen tase oli +0,269 kg P/ ha (Virkajärvi & Saarijärvi 2005), voitaisiin metsälaitumia suosimalla saavuttaa suhteellisen kestävän fosforikierto, vaikkakin fosforia menetettäisiin luomupeltojen ja lantaloiden ulkopuolelle.

6.3.3 Skenaario BAU

Skenaarion BAU mukainen tuotantomalli ei juuri vastaa käytäntöä, koska myyntien ja ostojen määrät vastaavat skenaarion 20/20 arvoja. Skenaariosta voidaan arvioida, millaiseksi luomutuotanto saattaa muuttua, jos tuotantoa ohjaillaan vielä seuraavina vuosikymmeninä samanlaisin keinoin kuin tähän saakka. Jos myös eläintiheys seuraa nykyisiä trendejä, skenaarion eläintiheys, 0,3 ey/ha, on riittämätön kestävän ravinnekierrätyksen kannalta. Viljelykasvijakauma keskittyy lähinnä rehuviljoihin ja nurmiin. Koska kyseiseen alaan kuuluvat mm. erikoiskasvit sekä luonnonhoitopellot, alan merkitys kotieläintaloudelle on pieni. Luomumaatalous ylläpitäisi täten heikkosatoisia peltoaloja sekä erikoiskasvien tuotantoa neljänneksellä koko peltoalasta. Leipäviljojen ala olisi lähes kolmanneksen nykyisestä.

Suhteellisissa taseissa ei saavuteta merkittäviä parannuksia. Muihin skenaarioihin verrattuna parempi suhteellinen karjantase perustuisi ostorehuihin, eikä niinkään luomutilojen sadontuottoon.

6.4 Fosforin kierrätyksen tehostaminen ja potentiaaliset fosforia maatalouteen palauttavat ravinnevirrat

Suomesta ravinteiden kierrätyksen mallimaa -työryhmä (MMM 2011) on laatinut useita kierrätyksen tehostamiseen tähtääviä toimenpiteitä. Jos tavoitteet kierrättävän maatalouden suhteen onnistuvat, jokainen suomalainen maatila on riippuvainen samoista ravinnelähteistä

luomutilojen rinnalla. ERA -tiloilta kerättyjen tietojen perusteella luodut skenaariot ja niiden taseet voivat toteutua myös tavanomaisessa maataloudessa eli laajemmassa mittakaavassa.

6.4.1. Ravinnetaseet

Työryhmä haluaa vuonna 2020 tarjota viljelijälle lohko kohtaisia lannoitusmalleja, ravinnetarpeen huomioivia ruokintamalleja. Lisätä taseiden käyttöä tiloilla ja kohdistaa peltoihin perusparannustoimenpiteitä (MMM 2011). Tutkielman tulokset tukevat suunnitelmaa. Luomupeltoon lisätystä fosforista menetetään 55 % fosforista, ja toisaalta luomupelloilla voidaan saada myös negatiivisia taseita (Kaasinen 2010). Jotta varastofosforin liialliselta ehtymiseltä ja toisaalta liian korkeilta fosforitaseilta välttyttäisiin olisivat ravinnetaseet ja pellon perusparannustoimenpiteet hyvä tilatason toimenpide, jolla voitaisiin tehostaa ravinteiden kierrätystä paikallisella tasolla.

6.4.2 Lannan prosessointi tilatasolla

Lannan ja muiden orgaanisten lannoitteiden käyttöä tulee työryhmän mukaan tehostaa ohjeistuksen keinoin. Lisäksi tiloille tulee kohdistaa investointitukia, jotka ohjaavat lannan prosessointiin ja täten lannan parempaan lannoituspotentiaaliaan, joka vähentää täydennyslannoitteiden käyttöä (MMM 2011). ERA -tiloilla käytettiin karjanlantapoikkeuksen turvin sekä täydennyslannoitteita että lantaa, mikä näkyy tuloksissa vuosikohtaisina reiluinä positiivisena fosforitaseena ja potentiaalisena kuormituspotentiaalina.

Kuten ERA -tilojen taseet osoittavat, on luomumaataloudessa havaittavissa yksisuuntaisia ravinnevirtoja, jotka päätyvät kotieläintiloille, siksi työryhmän ehdottamat lannan ja orgaanisten lannoitteiden väliaikaisvarastojen rakentaminen kasvinviljelytiloille, lannan keräily ja kuljetuksen sekä ns. lantapörssin kehittäminen ovat myös Eteläisessä Luomusuomessa tarpeellisia toimenpiteitä. Lisäksi ERA -tilojen fosforitaseiden perusteella voidaan havaita alueellista lannan keskittymistä. Alueen sianlihan- ja kananmunatuotanto tuottavat fosforipitoista lantaa, jonka levittäminen prosessoimattomana on haasteellista nykyisten ympäristötukiehtojen puitteissa. Tilakohtaiset fosforitaseet osoittavat, että alueen lannan käsittelyä on syytä tehostaa niin, että ravinteet palaavat kasvintuotannon hyödynnettäväksi ja että lannoitteiden ravinnesuhteet vastaavat kasvintuotannon tarpeita.

6.4.3 Vesistöjen biomassat

Järviruoko on vesistön ravinteita sitonutta biomassaa, joka voidaan korjata ja käyttää mm. viherlannoitteena, biokaasun tuotantoon ja lannoitteiden raaka-aineena. Työryhmä haluaa tukea ruo'on korjuuta kehittämällä tukitoimenpiteitä, konekantaa ja ruo'on käyttöä maataloudessa (MMM 2011). Suomen rannikolla, Suomen itärajalta Uusikaupunkiin asti ulottuvan rantaviivan alueella on 28 940 ha ruovikkoa (Pitkänen 2006). Alasta 12 500 ha soveltuu järviruo'on korjuuseen ja hehtaarilta voidaan korjata jopa 4,5 kg fosforia (Ikonen & Hagelberg 2008). Ruo'on kesäkorjuu ei ole kuitenkaan vesistön kannalta paras vaihtoehto, koska katkaistu korsi pumpppaa ravinteita vesistöön (Ikonen & Hagelberg 2008). Sen sijaan talvella ja keväällä korjattujen energiaksi poltettujen järviruokopaalien tuhka on fosforipitoista, 30 kg /tonni ka (Lötjönen ym. 2011). Koska tuhassa ei ole lainkaan typpeä, voitaisiin sitä käyttää esimerkiksi ERA -skenaarion mukaisilla maatalousalueilla eli naudanimalhan ja maidontuotantoon erikoistuneilla alueilla fosforivajetta kompensoivana täydennyslannoitteena. Vaikka olkien, ruokohelven ja heinän poltolla saavutetaan vielä korkeampia fosforin pitoisuuksia tuhassa (Lötjönen ym. 2011), on vesistöistä maatalouteen palautettu fosfori vesistöjen hyvinvoinnin kannalta parempi vaihtoehto.

Työryhmä linjaa myös poistokalastuksen yhdeksi kierrättävän ravinnetalouden toimenpiteistä. Poistokalastuksella saaduista biomassoista voidaan valmistaa lannoitteita ja rehuja, vaikka niiden ensisijainen käyttö onkin elintarvikekäyttö. Kun poistokalastus kohdistetaan toisarvoisiin kaloihin, saadaan vesistöstä poistettua ravinteita ja täten ehkäistyä rehevöitymistä. Tuhannen tonnin lahna- ja särkisaalis sisältää noin 7–8 tonnia fosforia ja noin 27–28 tonnia typpeä. Suomessa Honkajoki Oy:n tehtaalla on kapasiteetti vastaanottaa vuosittain noin 30 000 tonnia kalaraaka-ainetta ja valmistaa siitä kalajauhoa. Raaka-aineen painosta noin viidennes jää jauhoon (Orjala 2011), joten tehdas kykenisi tuottamaan noin 6 000 tonnia kalajauhoa, jossa fosforia olisi noin 5–8 kg/t (Orjala 2011). Teoreettisesti poistokalasta kyettäisiin tuottamaan edellä mainittujen tietojen perusteella noin 36 t P. Kalajauhoa käytetään siipikarjan, sikojen ja lampaiden rehun ainesosana, jolloin se voisi soveltua kierrättäväksi ravinteeksi, kotieläinrehujen ainesosaksi, skenaariossa 20/20.

6.4.4 Erilaiset maatalouden ja yhteiskunnan biomassat

Biojätteen kaatopaikkakiellolla työryhmä haluaa ohjata ravinteet maatalouden lannoitepanoksiksi. Lisäksi on syytä kartoittaa alueellisesti vajaahyödynnettyjen peltobiomassojen potentiaali ja järjestää edellytykset biomassojen keruulle ja

hyödyntämiselle. Erilaisia biomassoja pyritään hyödyntämään perustamalla käsittelylaitoksia. Lantaa, jätteitä ym. biomassoja käsittelevien laitosten sekä eläinsuojien sijoittelu ja verkosto tulisi suunnitella alueellisten ravinnemäärien ehdoilla (MMM 2011).

Eteläiseen Luomu-Suomeen uusien eläinsuojien perustamislupia voidaan myöntää alueella, koska eläintiheys alueella on matala. Alueella on myös havaittavissa vajaahyödynnettyjen peltojen alan laajenemista. Pelloilta korjattuja biomassoja voidaan hyödyntää, mutta ensisijaisesti hyväkuntoisilla lohkoilla tulisi tuottaa ruokaa ja rehua., varsinkin kun alueella sijaitsee kaksi suurta ja monta keskisuurta kaupunkia, joiden biojätteiden sisältämiä ravinteita voidaan myös hyödyntää, vaikka Senthilkumar ym. (2014) toteavat elintarvike- ja yhteiskuntajätteiden kierrätystä potentiaalisemmaksi vaihtoehdoksi ruokajätteen ja -hävikin pienentäminen sekä maatalouden uudistaminen.

Antikaisen ym. (2005) mukaan elintarvike- ja rehuteollisuuden virroista noin 30 % palautui takaisin maatalouteen 90-luvulla. Kasvipäriset sivuvirrat muodostavat 2 200 t P ja eläinperäiset 750 t P. Ranskalaisen tutkimuksen mukaan lähes 75 % elintarvikejätteistä saadaan palautettua takaisin maatalouden tai rehuteollisuuden hyödynnettäväksi. Yhteiskunnan tuottamista jätevesistä 43 % ja kotitalousjätteistä 47 % fosforista voidaan hyödyntää maataloudessa tai rehuteollisuudessa (Senthilkumar ym. 2014).

Yhdyskuntien puhdistamolietteessä on potentiaalisesti kierrätettävää fosforia 2 800 t (Antikainen ym. 2005). Ruotsissa Kirchmann ym. (2005) arvioivat puhdistamolietteestä potentiaalisesti riittävän noin 2 kg P /ha. Puhdistamolietteiden parissa tehdään parhaillaan useita tutkimuksia, joissa tutkitaan mm. lietteiden raskasmetallipitoisuuksia, käsittelymekanismeja ja ravinteiden saatavuutta kasveille, jotta esteet lietteen käytölle maataloudessa saataisiin poistettua ja lietteen sisältämät ravinteet kiertämään takaisin maatalouteen.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Eteläsuomalainen luomumaatalous ei nykymuotoisena hyödynnä peltomaan fosforivarantoja, vaikka peltotaseet aiemmissa tutkimuksissa ovat toisin osoittaneet. Tilat turvautuvat ostolannoitteisiin, koska nykyisillä eläintiheyksillä (ey/ha), karja ei tuota riittävästi lantaa sadon tarpeisiin. Vaikkakin ostetut lannoitteet sisältävät kierrätysravinteita, kuten lihajauhoja, luujauhoja ja lantaa, on merkittävä osa näiden sisältämistä ravinteista

peräisin tavanomaisesta maataloudesta. Näin ollen luomumaatalous merkittävässä määrin, vaikkakin epäsuorasti, turvautuu tavanomaisen maatalouden mineraalilannoitteisiin.

Epätasapaino eläintiheyksien ja peltojen lannoitustarpeiden välillä sekä riippuvaisuus tavanomaisen tuotannon ravinteista johtuu luomutuotannon erikoistumisesta. Kasvintuotantotiloja on liaksi suhteessa kotieläintiloihin niin tutkittavalla alueella kuin koko Suomessa. Tämän tutkielman tulokset heijastavatkin koko Suomen luomumaatalouden fosforivirtoja. Toimiva fosforitalous edellyttää kansallisella tasolla eläinmäärien ja kotieläintilojen lisäystä, luomutilojen yhteistyömallien kehittelyä, jolla tähdätään kohdennettuun ja ajantasaiseen lannoitukseen.

Koska luomutuotannon peltopinta-ala ei tule vuoteen 2020 mennessä saavuttamaan 20 % eikä luomumaatalous tule perustumaan vain nautoihin, on todennäköisempää, että tulevaisuuden luomumaataloudessa syntyy positiivisia kuin negatiivisia fosforitaseita. Fosforitaseeseen ei saada merkittävää parannusta vuoteen 2020 mennessä, ellei luomumaatalous ala hyödyntää peltomaan fosforivarantoja. Koska Etelä-Suomessa ei muutoinkaan saavuteta merkittävää sadonlisäystä fosforin lisäyksellä, voitaisiin luomumaataloudessakin turvautua peltomaiden varastofosforiin. Fosforivarastoihin nojautuminen ei saa kuitenkaan olla ainoa luomumaatalouden kierrätyskeino, koska varastot voivat ehtyä nopeasti. Viljelijöitä tulee tukea hyödyntämään myös muita kierrättäviä fosforivirtoja, joista tällä hetkellä potentiaalisimpia ovat vesistöjen biomassat. Vuoteen 2020 mennessä elintarviketeollisuuden ja yhdyskuntajätteen lannoituspotentiaalit tulee selvittää Suomen tasolla, jotta niiden merkitystä maataloudelle voidaan arvioida. Lisäksi viljelijöille suunnatut kannusteet, joilla tähdätään peltojen perusparannuksia sekä kohdennettuihin lannoitustoimenpiteisiin ovat olennaisia, jotta tilakohtaisissa ravinnetaseissa vältettäisiin positiiviset arvot.

Mikäli tavoitteet kierrättävästä maataloudesta toteutuvat vuoteen 2020 mennessä, kilpailu orgaanisista lannoitteista kiihtyy. Varastofosforin hyödyntämisen lisäksi on syytä luoda kansallisia tukitoimenpiteitä, paikallisia lantapörssejä ja lannan jakeluverkostoja, jotta ravinteet saadaan kohdistettua kasvukunnoltaan huonoille lohkoille. Viimeistään vuonna 2035, jolloin fosforipiikin ennustetaan saavutettavan, orgaanisille lannoitteille on oletettavasti kysyntää myös tavanomaisen maatalouden puolella. Kun tavanomaisen tuotannon lannoitusta ohjataan hyödyntämään orgaanisia lannoitteita, niin orgaanisista lannoitevalmisteista kuin lannasta tulee entistä kysytympää, mikä voi edelleen heijastua alueellisiin eläintiheysiin, luomukasvien satotasoihin ja tuotannon kannattavuuteen.

KIITOKSET

Kiitokset BERAS -hankkeelle ja MTT:lle, jonka palkkaamana ja avustamana sain koota ja kerätä aineistoa. Erityiskiitos tutkija Pentti Seurille, joka antoi minulle idean ja mahdollisuuden ryhtyä toteuttamaan tätä tutkielmaa. Kiitos myös Elina Nurmelle, Jukka Kivelälle, Kim Westerlingille, Leena Saarelle ja Tanja Rajalalle, jotka myös osallistuivat aineiston keruuseen ja joiden kanssa sain tehdä töitä BERAS -hankkeessa. Kiitos kaikille viljelijöille, jotka avasivat kotiensa ovet ja avoimuudellaan auttoivat minua sekä hanketta aineiston keruussa.

LÄHTEET

- Alakangas, E. 2000. Suomessa käytettyjen polttoaineiden ominaisuuksia. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. VTT:n tiedotteita. Espoo. 172 s. + liit. 17 s.
- Antikainen, R., Lemola, R., Nousiainen, J., Sokka, L., Esala, M., Huhtanen, P. & Rekolainen, S. 2005. Stocks and flows of nitrogen and phosphorus in the Finnish food production and consumption system. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 107: 287–305.
- Belya, R.L., Frost, G.R., Martz, F.A., Clark, J.L. & Forkner, L.G. 1978. Body composition of dairy cattle by potassium-40 liquid scintillation detection. *Journal of Dairy Science* 61: 206–211.
- Berry, P.M., Stockdale, E.A., Sylvester-Bradley, R., Philipps, L., Smith, K.A., Lord, E.I., Watson, C.A. & Fortune, F. 2003. N, P and K budgets for crop rotations on nine organic farms in the UK. *Soil Use and Management* 19: 112–118.
- Cordell, D., Drangert J-O. & White, S. 2009. The story of phosphorus: Global food security and food for thought. *Global Environmental Change*, doi:10.1016/j.gloenvcha.2008.10.009.
- Danius, L. 2002. Data uncertainties in material flow analysis. Local case study and literature survey. Licentiate thesis, Industrial Ecology, Dept of Chemical Engineering & Technology, Royal Institute of Technology. Stockholm, Sweden.
- Dekker, S.E.M., de Boer, I.J.M., Vermeij, I., Aarnink, A.J.A. & Groot Koerkamp, P.W.G. 2011. Ecological and economic evaluation of Dutch egg production systems. *Livestock Science* 139: 109–121.
- EFMA. 2000. Phosphorus essential element for food production.
- Ekholm, P., Rankinen, K., Uusitalo, R., Vesikko, L., Rita, H. & Sjöblom, H. 2010. Maan eroosio ja fosforikuormitus. Julkaisussa: Aakkula, J., Manninen, T. & Nurro, M. (toim.). Maatalouden ympäristötuen vaikuttavuuden seurantatutkimus (MYTVAS 3) – Väliraportti. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja, Helsinki: 22–30.
- Elosato 2014. www-sivut. <http://www.elosato.fi/>. Viitattu 23.7.2014.
- Eurostat 2014. Eurostat. Gross nutrient balance. http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=aei_pr_gnb&lang=en. Päivitetty 9.1.2013. Viitattu 15.5.2014.

- Evira. 2010. Luonnonmukaisen tuotannon tilastot ja tietohaut:
Toimijoiden ja tuotantoalojen yhteenveto ELY-keskuksittain 2010.
Luomueläinmäärien yhteenveto ELY-keskuksittain 2011.
<http://www.evira.fi/portal/fi/tietoa+evirasta/asiakokonaisuudet/luomu/tilastot+ja+tietohaut/>
- Evira. 2011. Luonnonmukaisen tuotannon tilastot ja tietohaut:
Toimijoiden ja tuotantoalojen yhteenveto ELY-keskuksittain 2011.
Luomueläinmäärien yhteenveto ELY-keskuksittain 2011.
<http://www.evira.fi/portal/fi/tietoa+evirasta/asiakokonaisuudet/luomu/tilastot+ja+tietohaut/>
- Evira. 2012. Luonnonmukaisen tuotannon tilastot ja tietohaut:
Toimijoiden ja tuotantoalojen yhteenveto ELY-keskuksittain 2012.
Luomueläinmäärien yhteenveto ELY-keskuksittain 2012.
<http://www.evira.fi/portal/fi/tietoa+evirasta/asiakokonaisuudet/luomu/tilastot+ja+tietohaut/>
- Evira. 2013. Luonnonmukaisen tuotannon tilastot ja tietohaut:
Toimijoiden ja tuotantoalojen yhteenveto ELY-keskuksittain 2013.
Luomueläinmäärien yhteenveto ELY-keskuksittain 2013.
- Evira. 2013b. Luonnonmukainen tuotanto 1. Yleiset ja kasvintuotannon ehdot. 4. painos.
Eviran ohje 18219/4.
- FAO. 2014. FAOSTAT: Fertilizers
<http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/R/RF/E>.
Tulostettu 15.5.2014.
- Foissy, D., Vian, J-F. & Christophe, D. 2013. Managing nutrient in organic farming system: reliance on livestock production for nutrient management of arable farmland. *Organic Agriculture* 3: 183–199.
- Gosling, P. & Shepherd, M. 2005. Short communication: Long-term changes in soil fertility in organic arable farming systems in England, with particular reference to phosphorus and potassium. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 105: 425–432.
- Grandstedt, A., Schneider, T., Seuri, P. & Thomsson, O. 2008. Ecological Recycling Agriculture to Reduce Nutrient Pollution to the Baltic Sea. *Biological Agriculture & Horticulture: An International Journal for Sustainable Production Systems* 26;3: 279-307.
- Hakkila, P. & Kalaja, H. 1983. Puu- ja kuorituhkan palauttaminen -tekniikka. Helsinki, *Folia Forestalia* 552. 37 s.
- Hartikainen, H. 2002. Kasveille käyttökelpoiset fosforivarat maassa. Julkaisussa: Uusitalo, R. & Salo, R. (toim.). Tutkittu maa - turvalliset elintarvikkeet. Viljavuustutkimus 50 vuotta -juhlaseminaari Jokioinen, 24.9.2002. Maa- ja elintarviketalous 13. MTT: 20–29.

- Hedbrant, J. & Sörme, L. 2001. Data vagueness and uncertainties in urban heavy-metal data collection. *Water, Air, and Soil Pollution: Focus* 1: 43–53.
- HELCOM. 2010. Ecosystem Health of the Baltic Sea 2003–2007: HELCOM Initial Holistic Assessment. Baltic Sea Environment Program No. 122.
- HS. 20.7.2014. Helsingin Sanomat.
<http://www.hs.fi/talous/Selvitys+Viljelijöiden+halukkuus+siirtyä+luomuun+hiipuu/a1405746872913>
- IFA. 2014. IFADATA. <http://www.fertilizer.org/Statistics>. Tulostettu 17.8.2014.
- Iivonen, S. 2008. Ympäristöturpeet ja niiden käyttö. Ruralia-instituutti, Helsingin Yliopisto.
- Ikonen, I. & Hagelberg, E. 2008. Etelä-Suomen ruovikkostrategia. Esimerkkeinä Halikonlahti ja Turun kaupungin rannikkoalueet. Suomen ympäristö 9. Lounais-Suomen ympäristökeskus.
- Ilmatieteen laitos. 2014. Terminen kasvukausi. <http://ilmatieteenlaitos.fi/terminen-kasvukausi>. Viitattu 8.8.2014.
- Kaasinen, S. 2011. Ravinnetaseet. Julkaisussa: Riiko, K. & Yli-Renko, M. (toim.). TEHO -hankkeen raportteja, osa 2. TEHO -hankkeen julkaisuja 3/2011.
- Kadim, I. T., Mahgoub, O., Al-Marzooqi, W. & Annamalai, K. 2005. Prediction of Crude Protein, Extractable Fat, Calcium and Phosphorus Contents of Broiler Chicken Carcasses Using Near-infrared Reflectance Spectroscopy. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 18, 7: 1036-1040.
- Kirchmann, H., Nyamangara, J. & Cohen, Y. 2005. Recycling municipal wastes in the future: from organic to inorganic forms? *Soil Use and Management* 21: 152-159.
- Kirchmann, H., Kätterer, T. & Bergström, L. 2008 Nutrient Supply in Organic Agriculture – Plant Availability, Sources and Recycling. Teoksessa: Kirchmann, H., & Bergström, L. (toim.). *Organic Crop Production – Ambitions and Limitations*, Springer.
- Koikkalainen, K., Seuri, P., Koivisto, A., Tauriainen, J., Hyvönen, T. & Regina, K. 2011. Luomu 50 - mitä tarkoittaisi, jos 50 % Suomen viljelyalasta siirtyisi luomuun. MTT Raportti 36. MTT, Jokioinen. 58 s.
- Käki, R. 2012. Viljelijärenkaista apua tilojen väliseen valkuaisrehukauppaan. Luomuvalkuaisrehutarpeen turvaaminen tuotantoketjua kehittämällä -hankkeen julkaisu. https://portal.mtt.fi/portal/pls/portal/!DEV_PORTAL.wwwpob_page.show?_docname=3735621.PDF

- Laiho, R., Sallantausta, T. & Laine, J. 1999. The effect of forestry drainage on vertical distributions of major plant nutrients in peat soils. *Plant and Soil* 207: 169–181.
- Larsson, M. & Granstedt, A. 2010. Analysis: Sustainable governance of the agriculture and the Baltic Sea — Agricultural reforms, food production and curbed eutrophication. *Ecological Economics* 69: 1943–1951.
- Lavoisier, Antoine (1965 [1789]), *Traité élémentaire de chimie, présenté dans un ordre nouveau et d'après les découvertes modernes*, 2 vols., Paris: Chez Cuchet, reprinted (1965) Bruxelles: Cultureset Civilisations. ref. van der Voet, E. 2002.
- Lötjönen, T., Kouki, J. & Vuorio, K. 2011. Korsibiomassojen tuotantoketjut ja energiantuotanto kokopaalikattilalla. MTT, Raportti 19. MTT Jokioinen. <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti19.pdf>
- Maatilan Pellervo. 2002. Arkisto: Lokakuu 2002; http://www.pellervo.fi/maatila/mp10_02/kuivikkeet.htm. Viitattu 27.2.2014.
- Manlay, R., Feller, C. & Swift, M. 2007. Review: Historical evolution of soil organic matter concepts and their relationships with the fertility and sustainability of cropping systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 119: 217–233.
- Mavi. 2014. Opas ympäristöehtojen mukaiseen lannoitukseen. [Verkkojulkaisu](#). (Viitattu 12.7.2014)
- MMM 2011. Suomesta ravinteiden kierrätyksen mallimaa. Työryhmämuistio, mmm 2011:5.
- MMM 2012. MMM:n suuntaviivoja luomualan kehittämisohjelmalle. "Luomu 20/2020". 30.3.2012.
- MMM 2013. Liite 12 MMM:n asetukseen tuettavaa rakentamista koskevista rakentamismääräyksistä ja suosituksista. (Viitattu 23.2.2014)
- MTT 2014. Rehutaulukot. <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Rehutaulukot>. Viitattu 27.2.2014.
- MT 8.12.2011. Maaseudun tulevaisuus: Kasvukausi jatkui ennätyspitkään. <http://www.maaseuduntulevaisuus.fi/kasvukausi-jatkui-ennätyspitkään-1.7731>
- MT 5.9.2012. Maaseudun tulevaisuus: Sateet haitanneet puinteja. <http://www.maaseuduntulevaisuus.fi/vyr-sateet-haitanneet-puinteja-1.23488>
- Myyrä, S. 2005. Peltokasvituotanto. Julkaisussa: Niemi, J. & Ahlstedt, J. (toim.). Suomen maatalous ja maaseutuelinkeinot 2005 - kymmenen vuotta Euroopan unionissa. Taloustutkimus (MTTL) Julkaisuja 105. MTT: 20–25.
- Mårald, E. 1998. I mötet mellan jordbruk och kemi. Agrikulturmekins framväxt på Lantbruksakademiens Experimentalfält 1850–1907. [Verkkojulkaisu](#)

- Mårald, E. 2002. Everything Circulates: Agricultural Chemistry and Recycling Theories in the Second Half of the Nineteenth Century. *Environment and History* 8, 1: 65–84.
- Nesme, T., Toublant, M., Mollier, A., Morel, C. & Pellerin, S. 2012. Assessing phosphorus management among organic farming systems: a farm input, output and budget analysis in southwestern France. *Nutrient Cycling Agroecosystem* 92: 225–236.
- Nielsen, A. & Kristensen, I. 2005. Nitrogen and phosphorus surpluses on Danish dairy and pig farms in relation to farm characteristics. *Livestock Production Science* 96: 97–107.
- Nowak, B., Nesme, T., David, C. & Pellerin, S. 2013 a. To what extent does organic farming rely on nutrient inflows from conventional farming? *Environmental Research Letters* 8; 044045: 8 s.
- Nowak, B., Nesme, T., David, C. & Pellerin, S. 2013 b. Disentangling the drivers of fertilising material inflows in organic farming. *Nutrient Cycling Agroecosystem* 96: 79–91.
- Oehl, F., Oberson, A., Tagmann, H.U., Besson, J.M., Dubois, D., Mäder, P., Roth, H.-R. & Frossard, E. 2002. Phosphorus budget and phosphorus availability in soils under organic and conventional farming. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 62: 25–35.
- Orjala, M. 2011. Poistokalastusjärjestelmän puitteissa pyydettyjen vähäarvoisten kalojen hyödyntämisvaihtoehdot. Selvitystyö, Etelä-Suomen Kalatalousohjelma (ESKO).
- Pitkänen, T. 2006. Missä ruokoa kasvaa? Järviruokoalueiden satelliittikartoitus Etelä-Suomen ja Viron Väinämeren rannikolla. Turun ammattikorkeakoulun puheenvuoroja 29. Turun ammattikorkeakoulu.
- Poulsen, H.D. & Kristensen, V.F. 1998. Standard values for farm manure. A revaluation of the Danish values concerning the nitrogen, phosphorus and potassium content of manure. Danish Institute of Agricultural Sciences, Report 7, Tjele.
- Rankinen, K., Ekholm, P., Sjöblom, H., Rita, H. & Vesikko, L. 2010. Ainevirtaamat valuma-alueilla ja niihin vaikuttavat tekijät. Julkaisussa: Aakkula, J., Manninen, T. & Nurro, M. (toim.). Maatalouden ympäristötuen vaikuttavuuden seurantatutkimus (MYTVAS 3) – Väliraportti. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja, Helsinki: 122–132.
- Saarela, I. 2002. Phosphorus in Finnish soils in the 1900s with particular reference to the acid ammonium acetate soil test. *Agricultural and Food Science in Finland* 11: 257–271.
- Salo, T. 2009. Peltomaassa runsaat fosforivarastot. MTT, Luonnonvarapuntari.
[https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Luonnonvarapuntari/Ymparisto1/Vesist
 ökuormitus/Fosfori](https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Luonnonvarapuntari/Ymparisto1/Vesist%20%2F%20Fosfori)

- Salo, T. & Lemola, R. 2010. Typpi- ja fosforitaseet. Julkaisussa: Aakkula, J., Manninen, T. & Nurro, M. (toim.). Maatalouden ympäristötuen vaikuttavuuden seurantatutkimus (MYTVAS 3) – Väliraportti. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja, Helsinki: 30–41.
- Salonen, M. 1966. Fosforilannoitus (Phosphorus fertilization). Tietokortti 1 E 7, huhtikuu 1966. Maatalouden tutkimuskeskus, Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitos, Tikkurila, Helsinki, 2 s.
- Schröder, J., Smit, A., Cordell, D. & Rosemarin, A. 2011. Improved phosphorus use efficiency in agriculture: A key requirement for its sustainable use. *Chemosphere*, 84: 822–831
- Senthilkumara, K., Molliera, A., Delmasd, M., Pellerina, S. & Nesme, T. 2014. Phosphorus recovery and recycling from waste: An appraisal based on a French case study. *Resources, Conservation and Recycling* 87: 97–108.
- Seuri 2010. Ehdotus uudenlaisesta ravinnetaseajattelusta – primääriravinnetase. <http://blogs.helsinki.fi/berasimplementation/files/2011/07/Ehdotus-uudenlaisesta-ravinnetaseajattelusta---primääriravinnetase.doc>
- Smil, V. 2000. Phosphorus in the Environment: Natural Flows and Human Interferences *Annual Review of Energy & the Environment* 25: 53–88.
- Stewart, W., Hammond, L., Kauwenbergh, S.J.V., 2005. Phosphorus as a Natural Resource. *Phosphorus: Agriculture and the Environment*, Agronomy Monograph No. 46. Madison, American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. ref Cordell ym. 2009.
- Sundelin, U.-M., 2001. Kotieläinjalostuksen tilastokirja 2000. ISPrint Oy, Iisalmi.
- Tike 2011. Luomusatoilasto. Viljelykasvien luomusato alueittain vuonna 2011. <http://www.maataloustilastot.fi/luomusatoilasto>
- Tike 2012. Maataloustilasto. Viljelykasvien luomusato alueittain vuonna 2012. <http://www.maataloustilastot.fi/luomusatoilasto>
- Tike 2012. Maataloustilastot. Luomuvilja: varastot, hankinta ja käyttö maataloilla 1.7.2011 - 30.6.2012. <http://www.maataloustilastot.fi/luomusatoilasto>
- Tike 2013. Maataloustilastot. Luomuvilja: varastot, hankinta ja käyttö maataloilla 1.7.2012 - 30.6.2013. <http://www.maataloustilastot.fi/luomusatoilasto>
- Torstensson, G., Aronsson, H., Bergstrom, L., 2006. Nutrient Use Efficiencies and Leaching of Organic and Conventional Cropping Systems in Sweden. *Agronomy Journal* 98: 603-615.

- Turtola, E., Lemola, R., Laitinen, P., Kiljala, J., Esala, M., Rämö, S., Huttu, S., Joki-Tokola, E., Hakkola, H. & Lehto, E. 2005. Ympäristönkuormitus luonnonmukaisessa viljelyssä. MTT, Jokioinen.
- Uusitalo, R. & Turtola, E. 2007. Finnish trends in phosphorus balances and soil test phosphorus. *Agricultural and Food Science* 16: 301–316.
- Viljavuuspalvelu 2014 a. Lantatilasto. [Verkkójulkaisu](#) .Viitattu 26.2.2014.
- Viljavuuspalvelu 2014 b. Tuloslaari. <http://www.tuloslaari.fi>. Viitattu 26.6.2014 & 11.8.2014.
- Viljavuuspalvelu 2014 c. www-sivut: Maanäytteiden otto-ohjeet. [Verkkójulkaisu](#).
- Virkajärvi, P. & Saarijärvi, K. 2005. Fosfori kuriin luonnonlaitumilla. *Koetoiminta ja käytäntö* 62 2 (13.6.2005), 14 s.
- van der Voet, E. 2002. Substance flow analysis methodology. Julkaisussa: Ayres, R. & Ayres, L. (toim.). *A handbook of industrial ecology*. Edward Elgar Publishing Limited, Cheltenham, UK: 91–101.
- Watson, C., Bengtsson, H., Ebbesvik, M., Lüs, A-K., Myrbeck, A., Salomon, E., Schroder, J. & Stockdale, E. 2002. A review of farm-scale nutrient budgets for organic farms as a tool for management of soil fertility. *Soil Use and Management* 18: 264–273.
- Webster, B.A., Fletcher, D.L. & Savage, S.I. 1998. Feed withdrawal and Leghorn hen carcass composition. *Journal of Applied Poultry Research* 7: 253–257.
- Wivstad, M., Salomon, E., Spånberg, J. & Jönsson, H. 2009. Ekologisk produktion – möjligheter att minska övergödning. Centrum för uthålligt lantbruk, Centrum för uthålligt lantbruk, SLU. 62 s.
- World Bank. 2014. <http://databank.worldbank.org/data/views/reports/chart.aspx> Viitattu 7.7.2014.
- Worthington, V. 2001. Nutritional Quality of Organic Versus Conventional Fruits, Vegetables, and Grains. *Journal of Alternative and Complementary Medicine* 7: 161-173.
- Yli-Halla, M., Hartikainen, H., Ekholm, P., Turtola, E., Puustinen, M. & Kallio, K. 1995. Assessment of soluble phosphorus load in surface runoff by soil analyses. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 56: 53–62.

Ylivainio, K., Sarvi, M., Lemole, R., Uusitalo, R. & Turtola, E. 2014. Regional P stocks in soil and in animal manure as compared to P requirement of plants in Finland. Baltic Forum for Innovative Technologies for Sustainable Manure Management. WP4 Standardisation of manure types with focus on phosphorus. MTT Report 124. Verkkojulkaisu: <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti124.pdf>

LIITTEET

Liite 1. Eteläisen Luomu-Suomen sadon sisältämä kokonaisfosfori ja ääriarvot

	P g /kg*	2011					2012				
		ha **	kg ka/ ha ***	kg P kokonais- sato	minimi	maksimi	ha **	kg ka/ ha ***	kg P kokonais- sato	minimi	maksimi
Kaura	4,0	4 518	1901	36 996	23 251	50 741	4 914	1 832	38 782	24 373	53 191
Vehnä	4,5	3 683	1737	31 001	19 489	42 533	3 882	2 055	38 674	24 305	53 043
Ruis	3,9	1610	1307	8 841	5 556	12 125	1 239	1 445	7 520	4 726	10 314
Ohra	4,1	661	1961	5 724	3 597	7 850	874	1 660	6 406	4 026	8 786
Seos-vilja	4,6	874	1823	7 895	4 962	10 828	1 308	1 987	12 875	8 091	17 658
Herne	5,2	441	1462	3 611	2 269	4 953	470	1 600	4 211	2 646	5 775
Härkä- papu	6,5	1377	1436	13 846	8 702	18 990	1 333	1 247	11 638	7 314	15 962
Rypsi	9,4	501	534	2 707	1 701	3 712	519	662	3 481	2 188	4 774
Nurmi	2,4	10 275	2920	77 559	48 743	106 375	10 403	3 270	87 937	55 265	120 610
Muut	5,0	12 131	1675	108 499	68 188	148 811	11 030	1 751	103 078	64 781	141 375
Yhteensä				296 689	186 458	406 920			314 601	197 715	431 488

* Lähde: MTT, Rehutaulukot; Rehujen kivennäisaineet. Luottamuskerroin: 1,33.

** Lähde: Evira 2011 & 2012, Luonnonmukaisen tuotannon tilastot ja tietohaut. Luottamuskerroin: 1,1.

*** Lähde: Tike 2012, 2013. Maataloustilasto: Luomusato-tilasto. Luottamuskerroin: 1,33.

Liite 2. Eteläisen Luomu-Suomen karjan lannan sisältämä kokonaisfosfori ja ääriarvot

	eläinmäärä *			m ³ / eläin **	kg P/ m ³ ***	kg P (kokonaislannassa)		
	2010	2011	2012			2010	2011	2012
Lypsylehmä	547	648	737	24	0,5	7 070	8 376	9 526
Siitossonna	84	105	244	15	0,5			
Lihanauta	509	625	919	15	0,5	25 996	29 906	35 310
Hieho (lypsy- tai emolehmäksi)	1 051	1 204	1 031	15	0,5			
Emolehmä	1 574	1 768	2 177	15	0,5			
Nauta alle 8 kk	1 320	1 466	1 058	8	0,5	5 687	6 316	4 558
Uuhi (karitsoineen, 0-6 kk)	2 858	4 161	4 976	1,5	1,1			
Pässit	354	181	564	1,5	1,1	6 016	7 992	9 848
Kuttu (kileineen, 0-6 kk)	173	155	1	1,5	1,1			
Lihaseika	1 804	1 719	566	2	0,8	3 114	2 969	979
Karju	3	4	2	2	0,8			
Emakko, ensikko	230	274	47	7	0,8	1 387	1 653	283
Munivat kanat	53 717	72 082	89 886	0,05	4,3	12 440	16 693	20 816
Yhteensä						61 710	73 904	81 320
Minimi						38 782	46 446	51 106
Maksimi						84 637	101 362	111 533

* Lähde: Evira 2010, 2011 & 2012, Luonnonmukaisen tuotannon tilastot ja tietohaut. Luottamuskerroin: 1,1.

** Lähde: MMM. 2013. Luottamuskerroin: 1,33.

*** Lähde: Viljavuuspalvelu 2014, Lantatilasto. Luottamuskerroin: 1,33.

Liite 3. ERA -tiloilta kerätyn aineiston perusteella luodut summaestimaatit ostojen ja myyntien sisältämistä fosforimääristä

OSTOT	n	N	summa kg P	keskivirhe, s.e. kg P	80 % luottamusväli		
Rehut							
2010	5	94	47 000	23 131	15 888	-	78 112
2011	6	105	34 685	16 641	12 302	-	57 068
2012	6	130	43 095	26 998	6 782	-	79 408
Keskiarvo			41 593				
Lannoitteet							
2010	5	788	260 355	143 733	68 219	-	452 491
2011	7	813	336 582	234 283	234 023	-	649 761
2012	7	864	388 676	174 680	155 171	-	622 182
Keskiarvo			328 538				
Eläimet							
2010	5	94	1 128	1 009	-229	-	2 485
2011	6	105	70	68	-21	-	161
2012	6	130	7 453	7 153	-2 168	-	17 074
Keskiarvo			2 884				
Kuivikkeet							
2010	5	94	610	434	26	-	1 193
2011	6	105	568	410	16	-	1 119
2012	6	130	703	510	16	-	1 389
Keskiarvo			627				
Yhteensä			373 642				
MYYNIT	n	N	summa, kg P	keskivirhe, s.e. kg P	80 % luottamusväli		
Eläinperäiset tuotteet							
2010	5	94	17 183	7 004	7 763	-	26 604
2011	6	105	21 455	8 021	10 667	-	32 243
2012	6	130	29 250	10 811	14 709	-	43 791
Keskiarvo			22 629				
Eläimet							
2010	5	94	3 196	2 312	87	-	6 305
2011	6	105	3 097	2 185	159	-	6 036
2012	6	130	3 575	2 722	-86	-	7 237
Keskiarvo			3 289				
Yhteensä			25 918				

Liite 4. Eteläisen Luomu-Suomen sadon ja alkuvaraston käyttö

2011										
	kg P kokonais- sato*	alku- varasto, kg P**	myynti ulos, % **	myynti ulos, kg P**	myynti tavan- omaisena kg P **	minimi	maksimi	siemen, kg P **	loppu- varasto kg P **	rehuksi kg P
Kaura	36 996	13 245	30	17 276	3 455	11 856	29 606	4 607	14 397	
Vehnä	31 001	10 620	43	20 756	2 414	13 251	33 089	3 862	14 964	
Ruis	8 841	6 420	49	7 673	157	4 478	11 182	783	6 890	
Ohra	5 724	4 410	5	817	327	654	1 633	1 143	3 920	
Seos-vilja	7 895	3 380	0	0	473	271	676	-	4 191	
Herne	3 611	1 546	30	1 855	216	1 185	2 958	495	1 917	
Härkä- papu	13 846	5 927	30	7 112	830	4 542	11 342	1 897	7 349	
Rypsi	2 707	1 159	30	834	162	888	2 217	371	1 437	
Nurmi	77 559	33 199	-	-	5312	3 038	7 586	-	41 167	
Muut	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Yhteensä	188 189	79 905		56 879	13 345	40 160	100 289	13 157	96 231	51 903

2012										
	kg kokonais- sato	alku- varasto, kg P**	myynti ulos, % **	myynti ulos, kg P	myynti tavan- omaisena kg P **	minimi	maksimi	siemen, kg P **	loppu- varasto kg P **	rehuksi kg P
Kaura	38 782	14 397	25	13 295	1 839	6 748	16 851	5 539	14 098	
Vehnä	38 674	14 964	38	20 382	2 337	9 971	24 899	4 224	15 191	
Ruis	7 520	6 890	39	5 620	437	1 973	4 927	1 054	5 539	
Ohra	6 406	3 920	10	1 033	387	598	1 493	933	2 710	
Seos-vilja	12 875	4 191	-	-	682	390	974	-	5 668	
Herne	4 211	1 917	27	1 654	206	786	1 962	496	1 854	
Härkä- papu	11 638	7 349	27	5 126	569	2 172	5 423	569	5 124	
Rypsi	1 986	1 437	27	1 328	170	650	1 622	410	1 533	
Nurmi	87 937	41 167	-	-	4 302	2 460	6 144	-	38 717	
Muut	103 078	-	-	-	-	-	-	-	-	
Yhteensä	314 601	96 231		48 438	10 930	25 747	64 295	14 029	90 434	98 565

* Liite 1.

** Lähde: Tike 2012, 2013. Maataloustilastot, Luomuvilja: varastot, hankinta ja käyttö maatiloilla .
Luottamuskerroin: 1,33

Liite 5A. ERA -tilojen fosforitaseet hehtaaria kohden tuotantosuunnittain

		n	kg P			
tilatyypin			keski- arvo	keski- virhe	minimi	maksimi
Emolehmätuotanto	OSTOT		7,68	3,53	0,16	26,01
	Rehut	8	7,39	3,61	0,04	26,01
	Eläimet	8	0,26	0,22	0,00	1,77
	Kuivikkeet	8	0,04	0,02	0,00	0,13
	Metsälaidun	8	0,14	0,12	0,00	0,96
	MYNNIT		1,15	0,13	0,66	1,61
	Viljat ym.	8	0,41	0,11	0,13	0,94
	Liha/ruhot		0,74	0,07	0,42	0,98
	TASE		6,63			
Maidontuotanto	OSTOT		20,60	6,38	11,93	33,03
	Lannoitteet	3	11,91	4,55	0,78	16,53
	Rehut	3	8,66	2,44	8,14	16,47
	Kuivikkeet	3	0,03	0,003	0,02	0,03
	MYNNIT		7,78	0,84	6,66	9,43
	Maito + liha	3	7,36	0,76	6,39	8,86
	Eläimet	3	0,44	0,09	0,27	0,57
	TASE		12,82			
Kasvinviljely	OSTOT		5,10	0,91	4,20	6,01
	Ostolannoitteet	2	5,10	0,91	3,81	4,95
	MYNNIT		2,92	0,17	2,75	3,08
	Viljat ym.	2	2,915	0,17	2,75	3,08
	TASE		2,19			
Porsastuotanto	OSTOT		15,67	0,80	14,21	16,98
	ostorehut	3	6,71	0,47	5,85	7,48
	ostolannoitteet	3	8,82	0,79	7,27	9,85
	ostokuivikkeet	3	0,15	0,01	0,13	0,17
	MYNNIT		0 / 4,31			
	eläimet (jatkokasvatus)	3	4,31	0,58	3,53	5,44
	TASE		11,36			
Kananmunantuotanto	OSTOT		26,72	3,92	19,10	32,10
	ostorehut	3	22,03	1,75	19,03	25,09
	ostolannoitteet	3	4,61	2,30	0,00	6,91
	ostoeläimet	3	0,08	0,01	0,07	0,10
	MYNNIT		24,09	9,60	4,94	34,92
	Kananmunat	3	5,51	0,46	4,77	6,36
	Eläimet	3	0,16	0,01	0,15	0,17
	Lanta	3	18,42	9,26	0,00	29,35
	TASE		2,63			

Liite 5B. ERA -tilojen fosforitase keskimäärin

		kg P			
	n	keski- arvo	keski- virhe	minimi	maksimi
OSTOT		13,71	2,50	0,16	33,03
ostorehut	19	10,7	2,27	0,00	26,01
ostolannoitteet	19	4,54	1,15	0,00	16,47
ostoeläimet	17	0,14	0,10	0,00	1,77
ostokuivikkeet	17	0,05	0,02	0,00	0,17
MYYNIT		6,51	2,27	0,66	34,92
Viljat ym.	19	0,48	0,21	0,00	3,08
Eläinperäiset tuotteet	17	2,62	0,73	7,97	0,68
Eläimet	17	0,87	0,41	0,00	5,44
TASE		7,21	8,93	-5,97	25,73

Liite 6A. Skenaarion 20/20 laskelmat

KASVINTUOTANTO & SADON MYyntI	ha	sato kg ka/h	Kok. sato, kg ka	P-pit. %	P sato	myynti ulos tilalta	P kg ulos tilalta
Leipäviljat	11 809	1 700	20 075 409	0,004	84 317	0,39	32 462
Rehuviljat	22 738	1 700	38 654 847	0,004	156 552	0,18	27 397
Palkokasvit	4 877	1 400	6 827 205	0,006	39 598	0,27	10 691
Öljykasvit	1 171	800	936 554	0,009	8 804	0,91	8 011
Nurmikasvit	35 349	3 200	113 115 593	0,003	282 789		
Muut	26 308						
Luomupeltoala	102 251						
Luomupelto+puutarha	114 280						
Yhteensä			179 609 608		572 059	Yhteensä	78 561

FOSFORIVIRRAT TILALLE	ey	P kg/ey (2010–2012)	ostot, P kg	osuus
Rehut	20 450	6,28	128 427	13 %
	ha	P kg/ha (2010–2012)	ostot, P kg	osuus
Lannoitteet	102 251	8,09	827 210	87 %
Yhteensä			955 637	

KOTIELÄINTUOTANNON FOSFORIVIRRAT TILALTA	ey	P kg/ey (2010–2012)	myynnit, P kg	osuus
Eläinperäiset tuotteet	20 450	3,32	67 895	40 %
Eläimet	20 450	0,49	10 021	6 %
Lanta	20 450	0,57	11 657	7 %
Yhteensä			89 572	

Liite 6B. Skenaarion ERA laskelmat

KASVINTUOTANTO & SADON MYyntI	ha	sato kg ka/l	Kok. sato, kg ka	P-pit. %	P sato	myynti ulos tilalta	P kg ulos tilalta
Leipäviljat	20 450	1 900,0	38 855 000	0,004	163 191	0,90	146 872
Rehuviljat	30 675	2 100,0	64 417 500	0,004	260 891	0,10	26 089
Palkokasvit	5 113	1 750,0	8 947 750	0,006	51 897	0,10	5 190
Öljykasvit	5 113	870,0	4 448 310	0,009	41 814	0,10	4 181
Nurmikasvit	40 900	4 000,0	163 600 000	0,003	409 000		
Muut			-				
Luomupeltoala	102 251		-				
Luomupelto+puutarha	114 280		-				
Yhteensä			280 268 560		926 793	Yhteensä	182 332

FOSFORIVIRRAT TILALLE	Kok. ala, pelto,	P kg/ha (2010–2012)	ostot, P kg	osuus
Rehut: kivennäiset	102 251	-	34 254	100 %
Lannoitteet	102 251	-	-	0 %
Yhteensä			34 254	

KOTIELÄINTUOTANNON FOSFORIVIRRAT TILALTA	milj. ry	ry/kg tuotosta	tuotos, milj. kg	P-pit. %	myynnit, P kg	osuus
Emolehmätuotanto	70	20,00	3,50	0,007	24 500	16 %
Maitotuotos	120	1,10	109,09	0,001	98 182	65 %
Maidontuotannon lihatuotos (maidontuotannon sivutuote)	120	1,10	1,44	0,007	10 080	7 %
Maidontuotantoon kelpaamattomien vasikoiden lihatuotos	40	15,0	2,67	0,007	18 667	12 %
Yhteensä					151 428	

Liite 6C. Skenaarion BAU laskelmat

KASVINTUOTANTO & SADON MYyntI	ha	sato kg ka/h	Kok. sato, kg ka	P-pit. %	P sato	myynti ulos tilalta	P kg ulos tilalta
Leipäviljat	3 526	1 700,0	5 994 200	0,004	25 176	0,39	9 693
Rehuviljat	12 224	1 700,0	20 780 800	0,004	84 162	0,18	14 728
Palkokasvit	1 720	1 400,0	2 408 000	0,006	13 966	0,27	3 771
Öljykasvit	702	800,0	561 600	0,009	5 279	0,91	4 804
Nurmikasvit	15 992	3 200,0	51 174 400	0,003	127 936		
Muut	11 038						
Luomupeltoala	45 202						
Luomupelto+puutarha							
Yhteensä			80 919 000		256 519	Yhteensä	32 996

FOSFORIVIRRAT TILALLE	ey	P kg/ey (2010–2012)	ostot, P kg	osuus
Rehut	-	6,28	-	0 %
	ha	P kg/ha (2010–2012)	ostot, P kg	osuus
Lannoitteet	45 202	8,09	365 684	100 %
Yhteensä			365 684	

KOTIELÄINTUOTANNON FOSFORIVIRRAT TILALTA	ey	P kg/ey (2010–2012)	myynnit, P kg	osuus
Eläinperäiset tuotteet	15 037	3,32	49 923	50 %
Eläimet	15 037	0,49	7 368	7 %
Lanta	15 037	0,57	8 571	9 %
Yhteensä			65 862	